DIE ZEITWAHL DER IMPLANTATENTFERNUNG NACH FRAKTUR-OSTEOSYNTHESE AN DER OBEREN EXTREMITÄT

Peter Falb

1972

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546014_0006

Aus der Chirurgischen Klinik der Universität München
Direktor: Prof.Dr.Dr.h.c.R.Zenker

DIE ZEITWAHL DER IMPLANTATENTFERNUNG NACH FRAKTUR-OSTEOSYNTHESE AN DER OBEREN EXTREMITÄT

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Peter Falb

aus Stuttgart

München
1972

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität München

Berichterstatter:	Prof.Dr.F.L.Rueff
Mitberichterstatter:	Prof.Dr.Dr.h.c.R.Zenker
Dekan:	Prof.Dr.W.Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 31. Juli 1972

UNIV. LEIDEN BIBL.

MEINER LIEBEN MUTTER

IN DANKBARKEIT GEWIDMET

INHALTSVERZEICHNIS

Allgemeiner Teil

		Seite
I.	Einleitung	3
	1. Geschichte der chirurgischen Knochenbruchbehandlung	3
	2. Geschichte der Osteosynthese an der oberen Extremität	5
	3. Begründung der eigenen Arbeit	8
II.	Konservative Therapie	9
III.	Operative Therapie	12
	1. Allgemeines	12
	2. Voraussetzungen	14
	3. Indikationsstellung	14
	4. Arten der Osteosynthese	16
	a) Operationsdurchführung	16
	b) Mittel zur Osteosynthese	17
	c) Die Mittel der operativen Versorgung und ihre spez. Indikationen	20
	d) Komplizierte Frakturen	27
	e) Pathologische Frakturen	28
IV.	Gründe zur Materialentfernung	29
	1. Knochenheilung	29
	a) sekundäre Knochenheilung	29
	b) primäre Knochenheilung	31
	2. Metallose	34
	3. Sarkomentstehung	36
	4. Knochenwachstum	36
	5. Infektionsgefahr	37
	6. Sekundärverletzungen	37
	7. Schmerzen	38
	8. Inhomogenität	38
	9. Refrakturen	39

		Seite
V.	Zeitpunkt der Implantatentfernung	39
	1. Allgemeines	39
	2. Abhängigkeit der Implantatentfernung von Versorgungsart und anatomischer Lokalisation	42
	3. Materialentfernung nach Versorgung pathologischer Frakturen	46
	4. Alter	47
VI.	Bestimmung des Entfernungszeitpunktes	47
	1. Klinische Untersuchung	48
	2. Szintigraphie	48
	3. Röntgenologie	49
VII.	Materialentfernung bei Komplikationen	52
	1. Osteomyelitis	52
	2. Oberflächliche Wundheilungsstörungen	55
	3. Materiallockerung und Instabilität	55
	4. Pseudarthrose nach Osteosynthese	57
	5. Materialbrüche	59
	6. Sekundäre Nervenschädigungen	60
	7. Sudecksche Erkrankung	59
	Spezieller Teil	
I.	Eigenes Krankengut	62
II.	Statistik	63
	1. Allgemeine Statistik	63
	2. Statistik der irregulären Entfernungen	74
III.	Diskussion	78
IV.	Zusammenfassung	81
	Literaturverzeichnis	82

A L L G E M E I N E R T E I L

I. EINLEITUNG

1. Geschichte der chirurgischen Knochenbruchbehandlung

Versuche der operativen Knochenbruchbehandlung liegen weit zurück. So versuchte sich im 17. Jahrhundert der italienische Arzt Marcus Aurelius Severinus an der Osteosynthese einer Patellafraktur, indem er die Fragmente anfrischte und nähte. (1)

Wegen mangelnder Asepsis waren damals Mißerfolge die Regel. So dauerte es, bis sich Listers Lehre von der Infektion in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts durchsetzte, um der Knochenbruchchirurgie den Weg der Osteosynthese gangbar zu machen.
Erfolgreich führte Lister 1877 die erste Knochennaht der Kniescheibenfraktur durch. (2)
Begründet auf seine Lehre wurden gegen Ende des vorigen Jahrhunderts viele Osteosyntheseverfahren entwickelt. In Deutschland von König, in Belgien von den Brüdern Lambotte, in England von Lane.

König bemühte sich um eine Osteosynthese mittels Elfenbeinstifte und Hemicerclage, hauptsächlich unter dem Gesichtspunkt, eine Abkürzung der zusätzlichen Gipsfixation zu erreichen und damit eine Gelenksdegeneration hintanzuhalten. Lambotte beschäftigte sich mit der Weiterentwicklung der Schraubentechnik, sowie der stabilen Versorgung gelenknaher Brüche mittels gebogener und y-förmiger Platten.

(1) zit. nach Tscherne, H.: Operative Frakturbehandlung. Langenbecks Arch. klin. Chir. (1969) 384

(2) zit. nach Müller, M.E., M. Allgöwer, H. Willenegger: Technik der operativen Frakturenbehandlung. Springer Verlag Berlin, Göttingen, Heidelberg (1963)1

Auch für Lambotte stand die Abkürzung der Zeit der Ruhigstellung zugunsten einer Frühübungsbehandlung im Vordergrund.
Matti, Helferich, K.H. Bauer und Kirschner waren die weiteren Wegbereiter der operativen Knochenbruchbehandlung. Kirschner schuf 1927 ein Instrument, mit dem er 2 Knochen durch Draht aneinander zu fixieren vermochte. Dieser Draht wurde einrotiert und erlaubte die perkutane Fixation kleiner Knochenabrisse und selbst eine Art von Druckosteosynthese, wenn diese Drähte straff gespannt waren.
Zenker erleichterte die Drahtung durch die Angabe eines Drahtnaglers, der Hitzenekrosen bei der rotierenden Drahteinbringung vermied. (1)
1940 stellte Küntscher den nach ihm benannten Nagel - im Profil v-förmig - vor und gab damit der Osteosynthese einen entscheidenden Impuls, wobei in der Folgezeit zahlreiche Modifikationen und Weiterentwicklungen des Marknagels gezeigt wurden. So u.a. von Herzog, Hackethal und Rush, der 1943 den "Rushpin" vorstellte.

War der Küntschernagel ein starrer, geschlitzter Marknagel mit kleeblattförmigem Querschnitt und gerade, so modifizierte ihn Herzog 1950 mit einer Biegung nach vorne. 1956 vermochte er mit dem von ihm herausgebrachten Rohrschlitznagel die Rotationsstabilität entscheidend zu verbessern.

War bis jetzt der wissenschaftliche Hintergrund der chirurgischen Knochenbruchbehandlung ein mehr mechanistisches Denken gewesen, so erarbeitete 1949 der Belgier Danis neue Vorstellungen vom Wesen der chirurgischen Frakturtherapie, die er in seiner Schrift "Theorie et Practique de l' Osteosynthèse" darlegte. Hier wies er besonders auf

(1) Schmid, J.P.: Fehlergebnisse nach Osteosynthesen an der oberen Extremität. Med. Diss. München 1971

den Druck zur kallusfreien Knochenregeneration hin, im Gegensatz zur kallusreichen Knochenheilung bei der konservativen Therapie.

Aber noch immer gab es keine homogene Betrachtungsweise der Osteosynthese, kein wissenschaftlich festgegründetes und vor allem systematisches Fundament über Metallose, Korrosion und Materialfragen, über verzögerte Knochenheilung, Nervenschädigungen, Refrakturen und Lockerungen des Osteosynthesematerials, über Wundheilungsstörungen, Materialentfernung, Indikationsstellung, Asepsis und vor allem Instrumentarium und Anwendung.
Mißerfolgte waren zahlreich. So fanden sich 1958 15 schweizerische Orthopäden und Chirurgen, um die danach bei Frakturen üblichen Operationsverfahren unvoreingenommen zu prüfen und ein einheitliches Osteosyntheseinstrumentarium sowie die wissenschaftlichen Hintergründe zu erarbeiten. 1963 legten sie als Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese (AO) ihre ersten Ergebnisse in dem Buch "Technik der operativen Frakturenbehandlung" vor.
1969 erschien das "Manual der Osteosynthese", in dem vor allem die technische Weiterentwicklung bei der operativen Frakturenbehandlung dargelegt wurde.

2. Geschichte der Osteosynthese an der oberen Extremität

Wurden schon die ersten erfolgreichen Osteosynthesen an der Patella durchgeführt, wo blieb ihre Anwendung über lange Zeit hauptsächlich auf die untere Extremität beschränkt. Vor allem wenn man zwischen Frakturen des Ober- und Unterarms unterscheidet, ist Bandi der Ansicht, daß die operative Behandlung am Oberarm nur ergänzen solle und nur zu verantworten sei, wenn eine funktionsgerechte Reposition und Übungsstabilität erzielt werden könne. (1)

(1) Bandi, W.: Die gelenknahen Frakturen des Oberarms. Chirurg 5(1969)197

Witt ist der Meinung, daß bei Humerusfrakturen unterhalb des Caput ein überwiegender Prozentsatz operativer Eingriffe unnötig seien. (1)

Auch Allgöwer plädiert dafür, den größten Teil der Armfrakturen, besonders die subcapitalen Humerusfrakturen und die Mehrfragmentbrüche aus zwei Gründen konservativ zu behandeln.

1. Der operative Zugang zur Frakturlinie stelle ungleich größere Ansprüche, als bei der unteren Extremität oder am Vorderarm.
2. Die konservative Behandlung könne sehr früh mit aktiven Bewegungsübungen verbunden werden, so daß Immobilisierungsschäden weitgehend vermeidbar seien.(2)

Böhler wandte sich auf dem 81. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie (1964) gegen die operative Behandlung von frischen Oberarmschaftbrüchen und stellte fest: Der frische Oberarmschaftbruch ist der einzige Bruch der langen Röhrenknochen, den man - von seltenen Ausnahmen abgesehen - immer konservativ behandeln kann. (3)
Rueff schließt sich dieser Ansicht an und meint, daß es bei kritischer Überprüfung der Operationsergebnisse weit mehr zu Komplikationen komme, unabhängig davon wer operiere und welches Verfahren angewandt werde. Als Grund sieht er den schwierigen operativen Zugang und die unmittelbare Nachbarschaft von Humerus und

(1) Witt, A.N.: Zur Behandlung d. subkapitalen Humerusbrüche. Langenbecks Arch.klin.Chir.295 (1970)292-299

(2) Müller, M.E., M. Allgöwer, H. Willenegger: Technik d. operativen Frakturenbehandlung. Springer Verl. Berlin Göttingen Heidelberg (1963)254

(3) Böhler, L.: Unzweckmäßige Methoden bei der Behandlg. v. Frakturen. Langenbecks Arch.klin.Chir.308 (1964)465

Nervus radialis, wobei durch die Weite der Markhöhle und die mangelnde Festigkeit der Corticalis in sehr vielen Fällen eine stabile Fixation, bzw. eine Osteosynthese erschwert oder unmöglich gemacht werde. (1)
Dies änderte sich mit der Entwicklung der Druckosteosynthese mittels Druckplatten durch die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese.
Auch bei Unterarmfrakturen war man, verglichen mit der unteren Extremität zurückhaltend und behandelte konservativ. Doch die Ergebnisse dieser Unterarmosteosynthesen waren keineswegs immer befriedigend, vor allem wegen der komplizierten Muskelverhältnisse, die bei Schaftfrakturen zu Achsknickungen, Seitenverschiebungen, Weichteilinterpositionen und Fragmentverdrehung Anlaß geben. (2).
Bei "Ein-Knochenbrüchen" kam es zur Sperrpseudarthrose. Nach den Untersuchungen von Leitz wurden 24% der Patienten mit abgeheilten Vorderarmschaftbrüchen wegen Funktionsminderung eine Dauerrente zugebilligt, insgesamt waren 36% der Verletzten nicht voll wiederhergestellt. (3)

Nunmehr brachte die operative Therapie bis hin zur Marknagelung keine entscheidende Verbesserung, zumal diese operativen Verfahren wie offene Brucheinstellung, Drahtumschlingung, Marknagelung, Markarahtung oder Spananlagerung zur Erhaltung hier ausreichender Rotations- und Biegungsstabilität nicht auf die zusätzliche Anlage eines Gipsverbandes verzichten konnten.

(1) Rueff, F., H. Pelzl: Zur Behandlung der Oberarmschaftbrüche. Chirurg 1 (1967) 17

(2) Müller, M.E., M. Allgöwer, H. Willenegger: Technik d. operativen Frakturenbehandlung. Springer Verl. Berlin, Göttingen, Heidelberg (1963) 223

(3) Leitz, G.: Die Therapie der Ellen- und Speichenschaftbrüche. Langenbecks Arch. klin. Chir. 312 (1969) 73-79

Nach Leitz brachte allein das Verfahren der Druckplattenosteosynthese der AO die entscheidende Verbesserung. Es ermöglicht ausreichende Stabilität und frühzeitige Mobilisierung. Zur sicheren Fragmentfixation wurden zusätzliche Gipsverbände überflüssig und durch die nunmehr erreichte Übungsstabilität die Gelenke frei beweglich. Die Muskelfunktion sorgt auch für die notwendige Durchblutung, die Frakturfreilegung erlaubt eine exakte Reposition, die gleichzeitige Kompression bringt die Bruchflächen in guten Kontakt ohne Störung der endostalen Blutzufuhr.
Auch an der Hand brachten die Fingerdruckplatten einen Fortschritt zugunsten der anderen Verfahren der Osteosynthese.
Gleichwohl gibt es auch hier noch entschiedene Gegner der operativen Therapie. Doch dürfte es zweckmäßig sein, fern aller konservativen oder chirurgischen Polarisierung immer den Einzelfall zu betrachten und pragmatisch vorzugehen.

3. Begründung der eigenen Arbeit

Mit der Einbringung von Fremdmaterial zur operativen Knochenbruchbehandlung stent der behandelnde Arzt, von wenigen, noch zu besprechenden Ausnahmen abgesehen, vor der Notwendigkeit, das eingebrachte Material zu entfernen. Eine Zweitoperation ist also notwendig, deren Zeitpunkt von mannigfachen Faktoren abhängig ist und nicht willkürlich gewählt werden kann.

An Hand der vorliegenden Literatur und den an der Chirurgischen Universitätsklinik München von 1960-1970 vorgenommenen Materialentfernungen soll die Zeitwahl der Implantatentfernung nach Frakturosteosynthese an der oberen Extremität untersucht werden.

II. KONSERVATIVE THERAPIE

Für die Therapie der Fraktur gilt, daß keine Fraktur wie die andere zu behandeln ist und daß die selbe Fraktur sogar bei verschiedenen Patienten unter Umständen anders behandelt werden muß. Die Grundgesetze der Frakturenbehandlung lauten:

1. Einrichten des Bruches
2. Achsengerechte Stellung um damit eine gute Funktion zu erzielen.
3. Ununterbrochene Ruhigstellung bis zur knöchernen Festigung
4. Aktive Bewegung aller nicht ruhiggestellten Gelenke des verletzten Gliedes und des ganzen Körpers um eine Immobilitätsatrophie hintanzuhalten.

Dabei wird auch heute noch die Gipsfixation an der oberen Extremität (s.S.8) am meisten angewandt. Bei der Claviculafraktur ist es der Rucksackverband, welcher in den meisten Fällen eine befriedigende Therapie verspricht. (1)

Brüche des proximalen Oberarmes werden mit dem Desault-, Klapp- oder Hanging-cast-Verband ruhiggestellt. Von der Lagerung auf einer Abduktionsschiene kommt man mehr und mehr ab.

Oberarmschaftbrüche werden nach Reposition in Thoray-abduktionsgips oder mit einem von Böhler, vor allem für mittlere Schaftbrüche angegebenen Verband behandelt,

(1) Hellner, H., Nissen R., K. Vosschulte: Lehrbuch d. Chirurg. Thieme Verl. Stuttgart (1967) 1o2o-1o4o

der die Schulter mit einbezieht und den Arm mit Gipsbinden am Thorax befestigt. Weiterhin kennt man hier die Behandlung mit dem Desaultverband, dem Hanging-cast-Verband nach Caldwell, dem Abduktionsverband, der Leucherschen Gabelschiene und der Heftpflaster- oder Drahtextension.

Subcondyläre Frakturen ohne Verschiebung werden mit einem Oberarmgipsverband behandelt, der von den Zwischenfingerfalten bis zur Schulter reicht, wobei der Ellbogen rechtwinkelig gebeugt und der Gips in Mittelstellung des Vorderarmes angelegt ist.

Stark verschobene Brüche werden sofort in Narkose manuell reponiert, nachdem durch das proximale Ellenende eine Drahtextension angelegt worden ist. Der Verband muß selbstverständlich gespalten werden.

Condylenfrakturen lassen sich, wenn sie nicht disloziert sind am besten mit Oberarmgips beherrschen.

Die Therapie der Brüche des distalen Humerusendes richtet sich grundsätzlich nach der jeweiligen örtlichen Situation und besteht entweder in konservativer oder operativer Reposition und Retention.

Beim dislozierten Oberarmbruch gelingt konservativ keine exakte Reposition und Vereinigung der Bruchstücke. Auch beim nicht dislozierten Bruch wartet man nicht erst das im allgemeinen enttäuschende funktionelle Ergebnis einer konservativen Therapie ab, sondern neigt zu einer früheztigen operativen Entfernung des Kopfes dicht über der Tuberositas.

Bei Vorderarmschaftfrakturen brachte die konservative Therapie mit Unterarmgips viele enttäuschende Ergebnisse durch das Abrutschen der Fraktur, verursacht durch Muskelzug. Darum neigen heute die meisten Chirurgen

zur Osteosynthese. Die Fraktur wird unblutig durch Fingerzug bei rechtwinkelig gebeugtem Ellbogen eingerichtet und mit einer dorsalen und volaren Oberarmgipsschale in Supination, bei proximalen Frakturen bzw. bei den übrigen Schaftbrüchen in Mittelstellung fixiert.

Die Monteggiafraktur wird durch Zug am leicht supinierten und rechtwinkelig gebeugten Vorderarm reponiert und das Speichenköpfchen zurückgedrängt.
Diese Therapie ist der operativen im funktionellen Ergebnis überlegen, allerdings ist die Fixationsdauer beträchtlich.

Isolierte Ellenschaftbrüche neigen zur Pseudarthrose. Hier ist der Oberarmgipsverband üblich. Bessere Ergebnisse sieht Dubin mittels Ruhigstellung des gesamten Armes im Oberarmfaustgipsverband.
Der Speichenbruch wird durch Fingerzug und Gegenzug am Oberarm bei rechtwinkelig gebeugtem Ellbogen reponiert. Unter Zug wird eine dorsale Gipsschale vom Unterarm bis zu den Schwimmhautfalten gut anmodelliert und dann eingewickelt.

Kahnbeinbrüche werden im Faustgipsverband zur Ausheilung gebracht.

Mittelhandbrüche und Fingerbrüche werden eingerichtet und dann eine dorsale, bis zu den Fingermittel- bzw. Endgliedern reichende Gipslonguette angelegt.
Die Finger müssen in Gebrauchsstellung fixiert werden. Extensionsverbände sind selten notwendig und werden immer zugunsten einer Osteosynthese verdrängt.

Die Bennetsche Fraktur wird konservativ nach Einrenkung mit einer Unterarmgipsschale, die in abduzierter Stellung den Daumenballen mitfaßt, behandelt.

Der unbedingte Vorzug der konservativen Therapie liegt in der Ausschaltung der Infektionsgefahr bei geschlossenen Brüchen. Außerdem wird eine weitere operative Ver-

letzung des schon geschädigten Gewebes verhindert. Die Nachteile der konservativen Behandlung sind Muskelatrophie und Gelenksteifen bedingt durch langdauernde Ruhigstellung im Gips oder Extension.

Die konservative Therapie ist immer durchzuführen wenn:

a) durch Operation eine stabile Osteosynthese nicht erreicht werden kann,

b) die Weichteilverhältnisse die Gefahr einer Wundeiterung oder Nekrose erwarten lassen,

c) erhebliche Durchblutungsstörungen, z.B. eine hochgradige Arteriosklerose, vorliegen,

d) der Patient aus sozialen Ursachen oder Intelligenzgründen nicht in der Lage ist, während der Operationsnachbehandlung kooperativ mitzuarbeiten,

e) das konservative Verfahren in nahezu gleicher Zeit ein gleiches Ergebnis erwarten läßt. (1)

III. OPERATIVE THERAPIE

1. Allgemeines

Neben der konservativen Therapie steht die operative. Distrahierte Patella- und Olecranonfrakturen müssen operativ versorgt werde. Ebenso kann bei vielen Gelenkfrakturen eine stufenlose Adaption der Fragmente und damit eine Ausheilung ohne sekundäre Arthrose und andere Spätschädigungen unblutig nicht erzielt werden. Vielfach

(1) Schmid, J.P.: Fehlergebnisse nach Osteosynthesen an der oberen Extremität. Med. Diss. Mündhen (1971)26

entwickeln sich im Laufe einer langdauernden Extensions- und Gipsbehandlung Immobilisationsschäden wie Muskel- und Knorpelatrophie, Skelettentkalkung, Schrumpfung der Gelenkkapsel, Gelenksteifen und chronische Durchblutungsstörungen. (1)
Diese von Davis als Frakturkrankheit bezeichneten indirekten Gelenk- und Weichteilschäden sind häufig irreversibel und führen zu unbefriedigenden funktionellen Ergebnissen. Die operative Therapie hat in den letzten Jahren daher zunehmend Verbreitung gefunden. Großen Anteil an dieser Entwicklung hat die 1958 gegründete AO, die neue Richtlinien für die operative Frakturbehandlung erarbeitete.
Das Hauptziel einer operativen und funktionellen Frakturbehandlung nach den Prinzipien der AO ist die Wiedererlangung der vollen Funktion der verletzten Extremität. Das gelingt durch die besonders bei Gelenkfrakturen wichtige anatomische Reposition und durch die Vermeidung von Weichteilschäden durch frühzeitige aktive und schmerzfreie Betätigung der frakturnahen Muskeln, wobei die Bruchheilung nicht gefährdet wird. (2)
Das Mittel um diese Ziele zu erreichen ist die stabile Osteosynthese während der ganzen Dauer der Frakturheilung. Nur eine mechanisch einwandfreie Fixation erlaubt eine gipsfreie Nachbehandlung mit frühzeitiger, aktiver Mobilisierung.
Das Kennzeichen der dauernden Stabilität ist die per primam Heilung der Fraktur. (Müller, M.E.)
Eine minimale, sog. Adaptionsosteosynthese mit anschliessender monatelanger Ruhigstellung im Gipsverband vereinigt die Nachteile operativer und konservativer

(1) Tscherne, H.: Operative Frakturbehandlung. Langenbecks Arch.klin.Chir.324(348-590)

(2) Müller, M.E., M. Allgöwer, H. Willenegger: Technik d. operativen Frakturenbehandlung. Springer Verlg. Berlin Göttingen Heidelberg;(1963)6-8

Behandlung und ist daher nur in Ausnahmefällen angezeigt. (1)
Die Meinung von Lange, daß auch eine gute Osteosynthese, mit Ausnahme der Oberschenkelnagelung, nicht vom Gebot der Ruhigstellung im Gipsverband entbindet, ist nicht mehr aufrechtzuerhalten. (2)

2. Voraussetzungen

Unerläßliche Voraussetzungen für die operative Frakturbehandlung sind Kenntnis der technischen Handhabung des speziellen Instrumentariums, Erfahrung im schonenden, anatomisch überlegten Operieren, lückenlose Asepsis, einwandfreie Indikationsstellung, entsprechende Nachbehandlung und Nachuntersuchung aller operierten Patienten. (Müller, Allgöwer, Willenegger, Rahm, Schenk, Weller)

3. Indikationsstellung

Nach Böhler gehört die Osteosynthese mit zu den gefährlichsten Methoden der Frakturenbehandlung, wenn sie ohne entsprechende Indikation und technisch nicht einwandfrei angewendet wird. (3)
Die Indikationsstellung aber ist schwirig und muß eng begrenzt werden. Nach Tscherne ist sie abhängig von der Frakturart, den Begleitverletzungen, dem Allgemeinzustand des Patienten und den personellen und organisatorischen Voraussetzungen. (4)

(1) Tscherne, H.: Operative Knochenbruchbehandlung. Vortrag 88. Tagung der Dt. Gesell. f. Chirurgie, München 1971

(2) Lange, M.: Die Gefahren u. Fehler d. Osteosynthese. Verh.dtsch.orthop. Gesell., Beilagen. z. Orthop.91(1959)115

(3) Böhler, L.: Unzweckmäßige Methoden bei der Behandlg. von Frakturen. Langenbeck Arch.klin.Chir. 295(1960)281

(4) Tscherne, H.: Operative Frakturbehandlung. Langenbecks Arch.klin.Chir.324(1969)253-257

Jede Fraktur, die ohne Operation nicht oder nur selten knöchern ausheilt, ist eine absolute Indikation zur operativen Versorgung.
Weitere absolute Indikationen sind Luxations- und Gelenkfrakturen mit nicht zu behebender Weichteilinterposition und Einklemmung von Einzelfragmenten.
Eine sehr weite, wenn auch nicht absolute Indikationsstellung ist auch bei erfahrungsgemäß schlecht heilenden Frakturen gegeben, z.B. am Unterarmschaft.
Umstritten ist die Indikationsstellung bei Frakturen ohne Dislokation.
Bei Vorliegen von Begleitverletzungen wird die Indikation zur Osteosynthese im allgemeinen weiter gestellt, z.B. bei Schädel- oder Körperhöhlenverletzungen, bei Querschnittslähmungen oder in Fällen die konservativ nicht wirksam fixiert werden können.
Bei Mehrfachverletzungen der Extremitäten ist die Heilungstendenz der einzelnen Frakturen schlechter als bei Einzelverletzungen. Die exakte Reposition aller Frakturen ist unblutig häufig nicht möglich. Hier sprechen außer der kürzeren Heildauer die wesentlich besseren Behandlungsergebnisse für das operative Vorgehen. (1)
Allerdings müssen Schock- und Begleitverletzungen beherrscht werden.
Ein weiterer wichtiger Faktor stellt nach Tscherne (s.o.) in der Indikationsstellung der Patient selbst dar.
Beim älteren Menschen wird die Operationsindikation oft sogar insofern zwingend sein, als ihm eine längere Liegebehandlung (Pneumonie) nicht zugemutet werden kann. Eine rasche Mobilisierung wird hier häufig zum vitalen

(1) Wellner, H.K., W. Reichmann: Grenzen der Indikation zur Osteosynthese beim schweren Unfall. Heft Unfallheilk. 87 (1966)149

Problem, demgegenüber auch mögliche Komplikationen bei Abwägung der Operationsindikation in den Hintergrund treten müssen. Bei kindlichen Frakturen ist hingegen große Zurückhaltung geboten.
Da die operative Frakturversorgung die Einsicht in die Erfordernisse der Behandlung und die aktive Mitarbeit bei der Kontrolle und Nachbehandlung fordert, ist sie keine Methode zur Behandlung sozial Entwurzelter, Alkoholiker und von Verletzten mit verminderter Intelligenz. Hier bildet vor allem die vorzeitige, volle Belastung bei nur funktionsstabiler Osteosynthese die Gefahr.(1)(2)

Gegenindikationen stellen weiterhin schwere internistische Leiden wie z.B. dekompensierte Herzinsuffizienz oder ein nicht eingestellter Diabetes dar. Auch pyogene Infektionen verbieten die Osteosynthese.

4. Arten der Osteosynthese

Man unterscheidet eine Osteosynthese ohne Druck mit Rush pin, Spickdrähten oder den von verschiedenen Autoren angegebenen Nägeln (Steinmann, Küntscher, Hackethal, Rush u.a.). Daneben eine Druckosteosynthese mittels Platten, Schrauben oder äußeren Spannen. Sie ist dann voll wirksam, wenn die Implantate in Richtung der Zugrichtung der Knochentrabekel angebracht sind.

a) Operationsdurchführung

An erster Stelle steht die absolute Asepsis um eine primäre Wundheilung zu erreichen. Dazu ist weiterhin ein gewebeschonendes Operieren notwendig. Die Schnittführung ist nach den Gegebenheiten zu wählen, wobei besonders auf

(1) Rehm, J.: Zur operativen Behandlung d. Knochenbrüche nach den Richtlinien der schweiz. Arbeitsgem. f. Osteosynthese. H. Unfallheilk.81 (1965)101

(2) Tscherne, H.: Operative Knochenbruchbehandlung. Vortrag 88. Tagg. d. Dt. Gesell. f. Chir. München 1971

die Gefäß- und Nervenversorgung zu achten ist.
Die Wahl des Verfahrens orientiert sich zuerst an der maximal zu erreichenden Stabilität.
Da das Operations- und Bruchhämatom hier idealen Bakteriennährboden darstellt, ist es durch Saugdrainage (Redon) zu entfernen, die 2-4 Tage liegt - solange bis keine Flüssigkeit mehr abgesaugt wird. (1)

b) Mittel zur Osteosynthese

Es ist ein großes Verdienst der AO, den Chirurgen ein systematisch und konsequent durchentwickeltes Instrumentarium zur Verfügung gestellt zu haben, welches den wissenschaftlichen Kriterien genügt.
Nun hat sich die AO vor allem der Druckplattenosteosynthese gewidmet. Doch seit langem gibt es auch andere, gut durchentwickelte Verfahren zur operativen Frakturenbehandlung.

D r a h t u m s c h l i n g u n g

Ein wenig aufwendiges Verfahren ist die Drahtumschlingung, früher auch an längeren Röhrenknochen als Cerclage geübt. Doch hier ist die Gefahr der Periostabschnürung und damit der Knochennekrose gegeben.
Sie wird deshalb nur zur kurzzeitigen Fixation oder als Hemicerclage verwandt.

Z u g g u r t u n g

Bei Olecranonfrakturen wird die soge. Zuggurtung, eine achter-förmige Drahtnaht mit Spickung, von Weber beschrieben, als Fortschritt bezeichnet. (2)
Dabei ist auf möglichst paralleles Einsetzen der Spickdrähte zur Zugrichtung zu achten. Ein wenig aufwendiges Verfahren ist die Spickung mit Kirschnerdrähten.

(1) Schramm, W.: Über die Nachbehandlg. operierter Knochenbrüche. Mschr. Unfallheilk.68(1965)407

(2) Wenzel, K.P.: Behandlungsergebnisse operierter Olecranonfrakturen. Mschr. Unfallheilk.71(1968)495-496

S c h r a u b e n

Die Verschraubung erlaubt mit geringen Mitteln eine übungsstabile Osteosynthese. Die Fraktur darf aber erst nach Frakturossifikation belastet werden, da sie im Gegensatz zu den Nägeln keinen Kraftträger darstellt.
Es gibt die 1. AO-Schraube für die Corticalis mit durchgehendem Gewinde
2. die Spongiosaschraube als Zugschraube mit distalem Gewinde und
3. die Navicularesschraube, ebenfalls mit distalem Gewinde. (1)

Wichtig für die Stabilität der Verschraubung ist, daß ein inniger Kontakt zwischen Knochengewebe und Metallschraube besteht. (2)
Die Schraubenlockerung ist häufig auf mangelhafte Korrosionsfestigkeit und auf mangelhafte mechanische Stabilität zurückzuführen, wobei es zu einer Fibrose des Schraubenlagers kommt. Ferner ist von großer Bedeutung, daß bei Schrauben das Gewinde im Knochen mit scharfen Gewindebohrern exakt vorgeschnitten wird.
Es kommt nämlich bei den sog. selbstschneidenden Schrauben, die in ein Bohrloch im Knochen mit Gewalt eingedreht werden, zu Mikrofrakturen und Zerreißungen der Knochenoberfläche mit nachfolgender Nekrose, wobei die Einbettung der Schraube erheblich gefährdet ist.
Für die Stabilität ist weiterhin von Bedeutung, daß die Schraube winkelhalbierend zur Senkrechten des Schaftes und zur Senkrechten des Frakturspaltes sitzt,

(1) Müller, M.E., M. Allgöwer, H. Willenegger: Technik der operativen Frakturenbehandlung. Springer Verl. Berlin Göttingen Heidelberg (1963)44

(2) Wagner, H.: Die Einbettung von Metallschrauben im Knochen und die Heilungsvorgänge des Knochengewebes unter dem Einfluß der stabilen Osteosynthese. Langenbecks Arch.klin.Chir.320

sowie daß das Fragment in verschiedenen Ebenen von Schrauben gefaßt ist. (1)

K o m p r e s s i o n s o s t e o s y n t h e s e
m i t D r u c k p l a t t e n

Der Druck der mit einer Schraube ausgeübt werden kann ist relativ gering; mehrere Schrauben vermögen mittels einer Platte als Kraftträger einen multiplizierten Druck auf die Frakturenden zu bewirken und führen so zur Druckplatte. Hierbei vollzieht sich auch die angestrebte primäre, kalluslose Frakturheilung. Auch die Stabilität ist mittels der Druckplatte erhöht.
Es gibt schmale Platten (2-16Löcher), breite Platten (5-20 Löcher) und die Halorohrplatten.
Man verwendet die Platten als Zuggurtungsplatte, als Neutralisationsplatte sowie als Abstützungsplatte.

R u s h - P i n u n g

Sie eignet sich vor allem für gelenknahe Frakturen. Allerdings ist die Fraktur rotationsinstabil, denn die Fragmente werden durch den Pin nicht ausreichend fixiert. Das Prinzip des Rush-pin ist eine elastische Verspannung in der Markhöhle, bedingt durch die Länge und die Biegung des Nagls, der sich dabei an drei Stellen verklemmen soll. (2)

M a r k n a g e l u n g

Küntscher war es, der 1940 den Marknagel beschrieb und immer weiter entwickelte, um besseren Sitz des Nagels in der Markhöhle zu erreichen.
Der Marknagel hat den großen Vorteil, das Periost nicht zu schädigen und damit die Knochenheilung nicht zu stören.(3)

(1) Müller, M.E., M.Allgöwer, H. Willenegger: Technik d. operativen Frakturenbehandlung. Springer Verl. Berlin Göttingen Heidelberg (1963) 52

(2) Rush, L.von, H. Gelbke: Atlas der intramedullären Frakturfixation n. Rush. Ein Behandlungssystem. Barth, München (1957(

(3) Küntscher, G.: Praxis d. Marknagelung. Schattauer Stuttgart (1962) 24,33

Bei geschlossenem Vorgehen besteht zudem die absolute Garantie der knöchernen Heilung. (1)
Sein Prinzip ist die elastische Verklemmung.
Die Fettembolie wird durch langsames Einschlagen und mittels Schlitz und Rille im Nagel selbst als Ausweichweg für das Knochenmark vermieden. (2)
Die AO entwickelte einen eigenen Nagel der geschlitzt ist, federnd, korrisionsfrei und relativ leicht. Am proximalen Ende ist er wie der Herzognagel gekrümmt.
Am besten eignen sich Schaftquerfrakturen der langen Röhrenknochen, die gelenkfern liegen. (3)
Umso gelenknäher, umso weniger stabil ist die genagelte Fraktur, wegen der Erweiterung der Markhöhle in Gelenknähe.
Der Nagel wird vor allem an der unteren Extremität angewandt - doch auch am Arm ist er recht nützlich.

c) Die Mittel der operativen Versorgung und ihre spezielle Indikation

An der Clavicula ist die operative Therapie bei stark verschobener Fraktur, bei Bruchstückaussprengung mit Sekundärverletzungsgefahr von Nerven, Gefäßen und bei Luxations- und Trümmerfrakturen angezeigt. (4)
Die geübten Verfahren sind Umschlingung der Clavicula mit Kirschnerdraht, wobei aber keine stabile Osteosynthese erreicht wird. (5)

(1) Küntscher, G.: Weitere Fortschritte auf dem Gebiet der Marknagelung. Langenbecks Arch.klin.Chir.361 (1966) 224

(2) Hackethal, K.H.: Die Bündelnagelung. Springer Verl. Berlin, Göttingen Heidelberg (1961) 40

(3) Küntscher, G.: Die Praxis der Marknagelung. Schattauer Verl. Stuttgart (1962) 49

(4) Everke, H., K. Kinj: Ergebnisse d. Konservativen und operativen Behandlung der Claviculafraktur. Chirurg 40 (1969)129-132

(5) Schulz, H.: Beitrag zur Osteosynthese d. Claviculafraktur mittels Kirschnerdraht. Chirurg 7 (1966) 294, 297

Ein anerkanntes Verfahren stellt die Markschienung nach Rush dar. Die Plattenverschraubung (halbrohrplatte) im AO-Verfahren gewährleistet eine stabile Osteosynthese. Sie hat sich aber bei der primär operativen Behandlung nicht durchsetzen können, da wegen des direkt subkutan gelegenen Metalles eher Wundheilungsstörungen befürchtet werden.

F r a k t u r e n a m p r o x i m a l e n
H u m e r u s e n d e

Man unterscheidet supratuberkuläre, per- und infratuberkuläre Frakturen. Hier zwingen zum operativen Vorgehen: das unter dem Aktomion verkeilte Tuberkulum majus, Splitterfrakturen des Kopfes mit starker Dislokation - besonders bei nach oben verlagertem Tuberkulummassiv (bei Jugendlichen), die proximale Epiphysenfraktur mit Interposition von Kapsel und langer Bizepssehne und Luxationsfrakturen. (1)
Die operative Behandlung gelingt mit der AO-Löffelplatte und einer oder mehreren Schrauben. Eine große Zahl verschiedener anderer Methoden sind angegeben, doch, wie schon oben gesagt, beim überwiegenden Prozentsatz der supkapitalen Humerusfrakturen erweist sich eine operative Therapie überhaupt als unnötig. (2)

H u m e r u s s c h a f t f r a k t u r e n

Nach Böhler ist der frische Schaftbruch des Oberarmes der einzige Schaftbruch der langen Röhrenknochen, den man - von seltenen Ausnahmen abgesehen - immer konservativ behandeln kann. Bei der operativen Therapie kommt es, bedingt durch den schwierigen operativen Zugang,

(1) Bandi, W.: Die gelenknahen Frakturen des Oberarmes. Chirurg 5 (1969) 196-197

(2) Witt, A.N.: Zur Behandlung der subkapitalen Humerusbrüche. Langenbecks Arch.klin.Chir.295 (1960)292-299

der Lage des Nervus radialis, durch die Weite der Markhöhle und die mangelnde Festigkeit der Corticalis zu weit mehr Komplikationen, als dies bei Frakturen an anderen Knochen der Fall ist. (1)
Eine eindeutige Operationsindikation stellt eigentlich nur eine Nerveneinklemmung im Frakturspalt dar. Vor allem wenn ein Ausfall nach Abschwellung des Frakturhämatoms längere Zeit bestehen bleibt, oder wenn ein Knochenspieß eine direkte Nervenläsion befürchten läßt. Pseudarthrosen müssen operativ angegangen werden.
Die chirurgischen Möglichkeiten bestehen vor allem in der Marknagelung, Rushpinung, Cerclage und Druckosteosyntnese mit Schraubenplatten.

F r a k t u r e n a m d i s t a l e n H u m e r u s e n d e

Man unterteilt sie in Y- und T-Frakturen, supracondyläre Frakturen, isolierte Condylenabrisse sowie zusätzlich intracondyläre Frakturen.
Y- und T-Frakturen werden mit AO-Schrauben und Oberarmgipsverband behandelt.
Nach Bandi (s.o.) gelingt die Fixation mit Kombination von Spickdrähten, Malleolarschrauben und 4mm Spongiosaschrauben. Im Prinzip soll das Massiv des Capitulum humeri und der Trochlea durch eine quere Schraube unter sich fixiert und durch zwei strebenartig in den Humerusschaft und die gegenseitige Corticalis greifende Schrauben mit dem proximalen Fragment vereint werden. (2)

Die supracondylären Frakturen sollen möglichst früh reponiert werden. Die Synthese erfolgt mit gekreuzten

(1) Rueff, F., H.Pelzl: Zur Behandlung d. Oberarmschaftbrüche. Chirurg 1(1967)17-19

(2) Baumann, R.: Zur Behandlung der Knochenbrüche am Ellbogengelenk. Langenbecks Arch.klin.Chir. 295(1960)300-304

Kirschnerdrähten, zwei Rushpins, AO-Schrauben bzw. AO-Platten. Ein zusätzlicher Oberarm-Gips verbessert das Ergebnis.
Der isolierte Condylenabriß wird bei starker Dislocation mit einer AO-Schraube fixiert, wobei eine exakte Reposition wichtig ist.
Epicondylenfrakturen werden mit einer Zugschraube (Baumann s.o.) fixiert. Bei Abriß des Epicondylus medialis soll der Nervus ulnaris dargestellt werden, der manchmal verlagert werden muß.

U l n a f r a k t u r e n

Isolierte Abbrüche des Processus coronoideus werden konservativ behandelt.

O l e c r a n o n

Bei Distraktion der Fragment oder bei Stufenbildung im Gelenkbereich hat sich die operative Therapie mit ihrer anatomischen Rekonstruktion allgemein durchgesetzt. (1) Die Methode er Wahl stellt die Zuggurtungsosteosynthese nach Weber dar, die alle Vorteile der Osteosynthese ausnutzt: gute Fragmentretention, bleibende Stabilität und funktionelle Nachbehandlung. Daneben existiert die Fixierung mit Rushpin, Küntscher Nagel, Drahtumschlingung und AO-Spongiosaschraube. Unter der Berücksichtigung, daß es sich bei den Olecranonfrakturen um Gelenkbrüche handelt, sind die Erfolge der chirurgischen Behandlung ermutigend. (2)

(1) Szysskowitz, R. u. Tscherne, H.: Die Zuggurtungsosteosynthese bei Olecranonfrakturen. Mschr. Unfallheilk. 71 (1968)480-485

(2) Wenzel, K.P.: Behandlungsergebnisse operierter Olecranonfrakturen. Mschr. Unfallheilk. 71 (1968) 493-497

Ulnaschaftfrakturen

wenn die Retention mit einem Oberarmgipsverband nicht gelingt, so ist immer die Versorgung mit einer AO-Druckplatte angezeigt.

Monteggiafrakturen

Bei konservativer Behandlung im Gipsverband ist die Gefahr einer neuerlichen Verschiebung und Reluxation ziemlich groß. Deshalb soll die Elle operativ stabilisiert werden. (1) Dies gelingt durch AO-Druckplatte, Rushpin oder Küntschernagel. Danach läßt sich das Radiusköpfchen konservativ reponieren und im Gipsverband fixieren.

Radiusfrakturen

Beim Bruch des Radiusköpfchens war die Therapie früher konservativ. Neuerdings wird aber die Reposition und Osteosynthese mit Kirschnerdraht oder Rushpin immer mehr empfohlen. (2)
Die Radiusschaftfraktur wird nach Mißlingen einer Retention im Oberarmgips wie die Ulnaschaftfraktur mit einer AO-Druckplatte stabilisiert.

Fraktur beider Unterarmknochen

Nahezu alle Muskeln am Unterarm haben zumindest als Nebenfunktion eine Pronations- oder Supinationswirkung, die zu der häufigen Verschiebung der Bruchstücke führt. (3) Deshalb ist die sofortige Versorgung mit AO-Druckplatten das Mittel der Wahl. Ist die Versorgung stabil, so entfällt die Gipsfixation.

(1) Böhler, J.: Gelenknahe Frakturen des Unterarmes. Chirurg 5(1969)198-203

(2) Rueff, F.L., Bedacht, R.: Zur Behandlung von Frakturen der Extremitäten. Med. Klin. 63(1968)1862

(3) Leitz, G.: Die Therapie der Ellen- u. Speichenschaftbrüche. Langenbecks Arch.klin.Chir.312 (1965) 61-87

Manche Brüche können nach Markraumaufbohrung auch mit dem Küntschernagel stabilisiert werden. Die Fixation mit Rushpin ist wenig stabil und darum auch erhöht infektionsgefährdet. (Leitz)

D i e t y p i s c h e R a d i u s f r a k t u r

Die Mehrzahl der Handgelenksbrüche mit Beteiligung des Speichenkopfes läßt sich im Dauerzug, in örtlicher Betäubung oder in i.v. Kurznarkose reponieren. Die Schwirigkeiten beginnen dort, wo es um die Frage der zweckmäßigen Fixation geht. Am besten ist eine dorsale Unterarmgipslonguette geeignet.
Bei stark verschobenen Stückbrüchen des distalen Speichenendes bei Jugendlichen und bei Trümmerbrüchen gelingt es durch percutane Bohrdrähte eine ausreichende Stabilität zu erreichen. (Rueff u. Bedacht)
Zusätzlich wird mit einer Oberarmgipsschiene ruhiggestellt. (1)

N a v i c u l a r e f r a k t u r e n

Kahnbeinbrüche werden Topographisch nach dem Bruch im distalen, mittleren oder proximalen Drittel eingeteilt. Konservative Therapie frischer Navicularefrakturen mit speziellen Gipsverbänden sind zu 90% erfolgreich. (2)
Die Indikation zur operativen Versorgung ist bei verzögerter Bruchheilung und Pseudarthrose gegeben. Sie wird mit der AO-Navicularеschraube durchgeführt, dabei ist die Gefäßversorgung streng zu beachten.

M i t t e l h a n d f r a k t u r e n

Es sind relativ häufige Frakturen. Läßt sich nach Art und Lokalisation der Fraktur auf konservativem Weg keine

(1) Hermann, P.: Über die Behandlung von Brüchen des destalen Speichenendes. Mschr. Unfallheilk. 73(1970)321

(2) Müller, M.E., M.Allgöwer, H. Willenegger: Technik d. operativen Frakturenbehandlung. Springer Verl. Berlin Göttingen Heidelberg(1963)245

günstige Stellung der Fragment erzielen, dann ist die operative Reposition oder Versorgung mit Drahtumschlingung, Kirschnerbohrdrähten oder Rushpin angezeigt. (1) Bewährt Verfahren sind die Transfixation der Fragmente mit Kirschnerdrähten und die eigentliche Osteosynthese mit Schrauben und Platten, wofür die AO ein spezielles Kleinfragmentinstrumentarium entwickelt hat. (2)

F i n g e r f r a k t u r e n

Hier gilt ein Prinzip: Bei übungsstabiler Osteosynthese wird eine primäre Sehnennaht vorgenommen, die Nervennaht erfolgt sekundär. Bei Frakturen die längerer Ruhigstellung bedürfen, erfolgt eine primäre Nerven- und eine sekundäre Sehnennaht. Auch hier stehen Kirschnerdrahtfixierung, bei dem eine Gipsruhigstellung zusätzlich angezeigt ist und Fixierung mit dem Kleininstrumentarium der AO mittels Fingerplatten zur Verfügung. (3)
Die Stabilität letzterer Methode ist sehr gut und eine äußere Ruhigstellung nicht erforderlich. (Hein)
Pannike warnt aber vor den Gefahren der Osteosynthese bei Handverletzungen und vertritt die Ansicht, daß das Kleinfragmentinstrumentarium nur gerechtfertigt sei, wenn 1. auf eine äußere Fixation verzichtet werden kann
2. die einfache Kirschnerdraht-Osteosynthese nicht besser oder leichter - besonders in Gelenknähe ausgeführt werden könne.

(1) Seiffert, K.E.: Die Behandlung der Finger- und Mittelhandfrakturen. Langenbecks Arch.klin.Chir.295 (1960)305-308

(2) Hein, U.: Die Technik d. operativen Behandlung d. Metacarpalfrakturen. Chir.Helv.Acta 36 (1969)619-624

(3) Luther, R.G., Weseloh: Zur Versorgung v. Frakturen im Bereich des Handskelettsystems. Chirurg 5 (1970) 222-224

Wenn Unsicherheitem im Umgang mit dem Kleinfragmentinstrumentarium bestünden, so sei dem Spickdraht der Vorzug gegeben. Jedes Scheitern mit dem Kleinfragmentinstrumentarium hinterlasse oft sehr ungünstige lokale Verhältnisse, so daß dann häufig nicht einmal mehr eine Spickdrahtosteosynthese angelegt werden könne. (1)

d) Komplizierte Frakturen

Die Infektionsrate bei offenen Frakturen ist hoch und die Folgen einer langdauernden Osteomyelitis sind schwerwiegend. Daher ist eine sofortige antibakterielle Chemotherapie gerechtfertigt. (2)
Die hämatogene Entstehung der Osteomyelitis ist seltener, viel häufiger ist ihre exogene Entstehung, im Kriege durch Schußbrüche, im Frieden bei offenen Frakturen oder durchdurch offene Versorgung primär gedeckter Frakturen. (3)
Die Betrachtung des Röntgenbildes darf nicht dem Blick vom Zustand der geschädigten Weichteile ablenken. Dies gilt vor allem für die offene Fraktur, wo der Bereich zwischen allzu aktivem und schon fehlerhaft chirurgischem Vorgehen nur eng ist.
Bei jeder offenen Fraktur gilt die Regel, sie in eine geschlossene umzuwandeln und absolut ruhig zu stellen. Dabei muß aber vor jedem erzwungenen Hautverschluß gewarnt werden, denn die damit verbunden Devaskularisierung ist ein bedeutender Faktor bei der Infektentstehung.

(1) Pannike, A.: Gefahren der Osteosynthese. Med. Welt 41 (1971) 1620 Kongressbericht

(2) Wysocki, S., K.H. Jungbluth, J. Gruss: Antibiotika-Prophylaxe bei offenen Frakturen. aus: Die posttraumatische Osteomyelitis. Hierholzer G. et al, Schattauer Verlag Stuttgart New York (1970) 261-264

(3) Hierholzer G. er al.: Zur Entstehung u. Bedeutung der exogenen Osteomelitis aufgrund statist. Auswertung von 404 fällen. aus: Die posttraum. Osteomyelitis. Schattauer Verlag Stuttgart New York (1970) 11

Infektentstehung. Bei offenen Frakturen muß man sich zunächst mit einer Minimalosteosynthese begnügen. (1)
Es sind mehrere Grade der offenen Frakturen zu unterscheiden:

a) Die Durchspießung von innen
b) Quetschung mit subcutaner Nekrose
c) größerer Verlust von Knochen und Weichteilen.

Beim letzteren sollen Nerven und Gefäße gedeckt werden.
Bei der offenen Fraktur ist eine Marknagelung zu vermeiden - man wartet besser die Wundheilung ab. (Küntscher)
Allgemein gilt der Böhlersche Grundsatz: eine stabile Fraktur ist die beste Infektionsprophylaxe.

e) Pathologische Frakturen

Sie erfordern bei Malignomen eine operative Behandlung, die oft genug pallistiver Natur ist, die Pflege und dem Patienten die verbleibende Lebenszeit aber entscheidend erleichtern.
Hierbei sind auch Kunststoffe (Palacos) nützlich, welche - in die Markhöhle eingebracht oder den frakturierten Knochen von außen umfassend, die Fraktur temporär stabilisieren. Diese Methode hat sich vor allem bei pathologischen Frakturen bewährt, bei denen die Osteolyse ein Ausmaß erreicht hat, daß eine stabile Fixierung des Metallimplantates im Knochen selbst durch Schrauben nicht mehr möglich ist.
Bei benignen Tumoren ist manchmal eine konservative Therapie nach Tumorausräumung möglich.

(1) Allgöwer, M.: Das Weichteilproblem. Vortrag 83. Tagung der Dt. Gesell. f. Chirurgie München 1970

IV. GRÜNDE ZUR MATERIALENTFERNUNG

1. Knochenheilung

In den allermeisten Fällen der Frakturversorgung mit Osteosynthesematerial folgt zwangsläufig eine Zweitoperation, bei der das Material entnommen wird. Abgesehen von Implantatentfernungen nach Zwischenfällen wie Materialbruch, Pseudarthrose, Osteomyelitis, Instabilität u.a. wird die Entnahme nach der Bruchheilung vorgenommen, wenn die Fraktur vollständig knöchern durchbaut und belastbar und eine Stabilisierung durch das Osteosynthesematerial als Krafträger nicht mehr notwendig ist. (1)

Man unterscheidet zwei Arten der Knochenbruchheilung: Die primäre Knochenheilung, eine Heilung, bei der Davis 1949 zeigte, daß röntgenologisch kein sichtbares Kallus entsteht, wobei Druck auf die Frakturenden auszuüben ist. (Kompressionsosteosynthese). Den Ausdruck der Schweizer AO-Begründer "primäre Knochenheilung" hält Küntscher für unglücklich, da man ja unter primärer Heilung - im Gegensatz zur sekundären, eine Heilung ohne Auftreten einer Infektion verstehe. (2)

a) Sekundäre Knochenheilung

Der Ausdruck sekundäre Knochenheilung bleibt mit der Vorstellung von Kallusbildung verhaftet, wobei man im wesentlichen 2 Phasen unterscheidet:

1. Phase: Bildung von Fixationskallus
   endgültiger Frakturstabilisierung
2. Phase: Umbau des Fixationskallus (3)

(1) Friedrich,B., Zwirner R.: Indikationsfehler bei d. Materialentferng. n. Osteosynthesen. Langenbecks Arch.klin.Chir.327(1970)829

(2) Küntscher, G.: Das Kallusproblem. Stuttgart Enke Verl.(1970)48

(3) Willenegger, H., S.M.Perren;R.Schenk: Primäre u. sek. Knochenheilung. Chirurg 6(1971)241

Nach Willenegger et al. (1) bezeichnet man als Kallus die Gesamtheit aller geweblichen, biochemischen und biomechanischen Vorgänge, von Beginn der allerersten Reaktion bis zur endgültigen knöchernen Fragmentfixierung. Den Hauptbeitrag zur Kallusbildung leistet das paraossale Gewebe. Schon im Initialstadium zeigen sich an der Knochen-Periostzone neue Blutgefäße und Osteoblasten. Dabei entsteht an der Diaphysenoberfläche ein Faserknochengerüst, welches zur Frakturstelle hin in der Dicke zunehmende konzentrische Auflagerungen bildet (Knochenappostion).
Hierbei wird die Periostfaserschicht durch die Knochenbildung mantelförmig abgehoben. Im Bereich der Frakturspalte ist bei der sekundären Frakturheilung ein intermediäres Stützgewebe vorhanden, welches nach Ersetzen des Spalthämatoms durch Granulationsgewebe entsteht. Dieses Differenziert sich zu fasereigenem Bindegewebe und zu Faserknorpel. Beide Gewebearten werden bis zur entgültigen Fragmentverknöcherung durch Faserknochen schrittweise ersetzt.
Dies erfolgt mit zunehmendem Kallusalter durch eine starke Alkalisierung, begünstigt durch die Phosphatasewirkung als Einlagerung von $Ca_3(PO_4)_2$. (2)

In den Verknöcherungszonen, die im Bereich von faserigem Bindegewebe liegen, treten entlang das Gefäßverlaufes zwischen den kollagenen Fasern Osteoblasten auf, die Osteid bilden, welches anschließend verkalkt und die Bindegewebsfasern durch die Ausbildung von Gefäßkanälchen einmauert. Der knöcherne Ersatz von Faserknorpel wird dagegen durch die Gefäßkanälchenausbildung eingeleitet. Es kommt, wie im Wachstumsknorpel zu einer Verkalkung der Knorpelsubstanz. Dabei dringen in den mineralisierten Knorpel Chondroklasten,

(1) Willenegger, H., S.M.Perren, R.Schenk: Primäre u. sek. Knochenbruchheilung. Chirurg6(1971)241

(2) Küntscher, G.: Das Kallusproblem. Enke Verlag Stuttg. (1970)73

Blutgefäße und mesenchymale Zellen vor.
Die zwischen den vorrückenden Gefäßkanälchen verbleibenden Kallusknorpelreste dienen als Gerüst für die Ablagerung von neuem Faserknochen, der später durch Lamellenknochen verstärkt ersetzt wird. (Willenegger et al.)

Aus welchen Zellen die Osteoblasten entstehen ist noch offen - evtl. stellen sie ehemalige Knochenmarkreticulumzellen dar oder sie stammen aus dem Capillarendothelien. Grundsätzlich sind diese Ossifikationsvorgänge an die Gegenwart von Capillarendothelien gebunden. Ebenso sind physikalische Einflüsse zu sehen als regressive Veränderungen an den immobilen Frakturenden.
Schließlich bildet sich in der letzten Phase aus dem Faserknochen beanspruchungstüchtiger Lamellenknochen, wobei die Tendenz zur Wahrung der anatomischen Form zu sehen ist.
Spongiöser Knochen, wie er z.B. in den Enden der langen Knochen vorkommt, ist vaskulär gut versorgt und heilt gewöhnlich in wenigen Wochen.
Die harte Kompakta des schlechter vaskularisierten Schaftes langer Knochen heilt viel langsamer und erfordert monatelange Fixation. (1)

b) Primäre Knochenheilung

Nach Allgöwer, Müller, Schenk, Willenegger (2) handelt es sich hier um einen klinischen Begriff, der sich an den Begriff der primären Wundheilung anlehnt. Die AO versteht danach eine Knochenheilung ohne oder fast ohne röntgenologisch feststellbaren Kallus.
Die primäre Heilung einer Schaftfraktur liegt im

(1) Rush, L. von, H. Gelbke: Atlas der intermedullären Frakturfixation n. Rush. Barth München (1957)64

(2) Allgöwer, M. Müller, M.E., R. Schenk, H. Willenegger: Biomechanische Prinzipien bei der Metallververwendung am Knochen. Langenbecks Arch.klin. Chir. 305(1963-64)10

pathologisch-histologischen Sinne nur dann vor, wenn die Vereinigung der Fragmentenden ohne Narbenbildung, d. h. also direkt durch hochorganisierten Lamellenknochen erfolgt. (1)
Allerdings läßt der histomorphologische Hintergrund der primären Knochenbruchheilung zwei verschiedene Erscheinungsformen erkennen, die man zweckmäßigerweise mit Kontakttheilung und mit Spaltheilung bezeichnet. (2)

Der Typus der Spaltheilung ist überall dort zu finden, wo sich die corticalen Berührungsfelder nicht vollständig berühren. Bei stabiler Fixation wird ein solcher Spalt primär durch Knochengewebe ausgefüllt.
Die direkten Vorläufer der Knochenzellen entsprechen den einsprossenden Capillaren und ihren Begleitzellen. Die Herkunft der Capillaren richtet sich hier nach den lokalen Gegebenheiten. Je nach Verbindung des Trennungsspaltes mit der Umgebung und je nach Zeitpunkt wachsen die für die Knochenbildung verantwortlichen Capillaren aus dem Periost, dem Endost oder den Compaktakanälen ein. Nach Ausfüllung des Trennungsspaltes mit dem beschriebenen Knochengewebe erfolgt die Durchwachsung mit Osteonen, die einerseits aus der Corticalis, andererseits aus dem Knochengewebe der Spalte selber stammen und von hier in die Corticalis einwachsen.

Bei der Kontakttheilung verhindert der direkte Flächenkontakt der Corticalis ein Eindringen von Blutgefäßen und Gewebselementen in den Trennungs- und Frakturspalt. Entscheidend ist es, daß es an den partiell devitalisierten Fragmentenden nicht zu formverändernden Re-

(1) Willenegger, H. et al: Chirurg 6 (1971) 244-245
(2) Schenk, R., H. Willenegger: Zur Histologie der primären Knochenheilung. Langenbecks Arch. klin. Chir. 308 (1964) 441

sorptionserscheinungen kommt, sondern unter gleichzeitigem Abbau und Aufbau erfolgt die Knochenregeneration auf dem Weg über längsgerichtete Osteone.
Deren Bildung wird durch Osteoklasten eingeleitet, die eine Art Kanal "ausbohren", der unmittelbar danach von Osteoblasten, welche Knochenlamellen aufbauen, besiedelt wird.
Diese beschriebene primäre kalluslose Knochenheilung vollzieht sich nur wenn die Frakturenden fixiert sind, jede Unruhe verloren ist und sie unter Druck stehen. Dieses Kompressionsprinzip ist die Ursache dafür, wie Busset (New York) gezeigt hat, so daß sich pluripotente Mesenchymzellen in Osteoblasten verwandeln. Der konstante Druck wirkt als nicht, wie früher angenommen, knochenabbauend, sondern knochenbildend (Müller et al.). Zusätzlich wirkt dieser Druck noch stabilisierend auf die Frakturenden. (1)
Dabei darf kein Kallus entstehen, denn nach einer Osteosynthese auftretender Kallus ist minderwertig und muß als eine Art von Keloid (Davis) bezeichnet werden, der von unzulänglicher Fixation und Unruhe im Frakturspalt zeugt. Die Frakturheilung ohne Kallus gilt also als röntgenologisches Kriterim der dauerhaften Stabilität, wobei dies einzig im Verschwinden der Frakturlinie zu erkennen ist. (2)
Küntscher hat Bedenken, das Ziel der Primärfrakturheilung, wie er sagt, um jeden Preis, einer Osteosynthese also mittels Platten und Schrauben im Bruchspaltnähe mit Periostverletzung und Infektionsgefahr zu erreichen. Er glaubt besser mit der geschlossenen Marknagelung und kleinster Stichinzision auszukommen; doch auch er sieht das Ideal, wie Allgöwer darin mit wenig Kallus

(1) Allgöwer, M.: Funktionelle Anpassung d. Knochens auf physiologische u. unphysiologische Beanspruchung. Langenbecks Arch.klin.Chir.319 (1967)384

(2) Wieser, C., M. Allgöwer: Die Beurteilung d. Knochenheilung n. stabiler Osteosynthese im Röntgenbild. Radiol.klin.91(1962)303

auszukommen um möglichst die primäre Knochenheilung zu erreichen. (1)

2. Metallose

Einer der wichtigsten Gründe für die Materialentfernung nach Osteosynthese stellt die sogenannte Metallose dar, vor allem weil sie unter anderem eine Funktion der Zeit, der Liegedauer des Metalles ist.

Gewebsveränderungen, die lokal in der Umgebung eines metallischen Körpers auftreten, wobei Einwanderungen von Metallpartikeln in das Zellinnere mit Eiweiß-Metallverbindung zustande kommen, werden als Metallosen bezeichnet. (2)
Dabei reagiert das Metall mit Knochen- und Weichgewebe, es zeigen sich reaktive Wucherungen, Knochenschwund, Osteoporosen, Kalkmangel und Periostosen. (3)
Voraussetzung zur Entstehung einer Metallose ist die Korrosion des metallischen Implantates. Diese Korrosion kann als Materialzerstörung durch chemisch oder elektrochemische Prozesse aufgefaßt werden, wobei die Metalle das Bestreben haben, ihren ursprünglichen Salz- oder Oxydzustand wieder herzustellen. (4)
Bei einer Metallose zeigt das Metall oder dessen Produkte eine lokale Wirkung auf das Gewebe und ruft häufig eine entzündliche Gewebsreaktion hervor. Dabei wird Knochen durch Granulationsgewebe ersetzt und das Metall verliert seine Festigkeit im Knochen. Dadurch geht die Stabilität der Osteosynthese verloren. (5)

(1) Küntscher, G.: Primäre Knochenheilung. Langebecks Arch.klin.Chir.308(1964)455

(2) Knoch, H.G.: Gewebsreaktionen nach Osteosynthese. Zbl. Chir. 91(1966)1270-1275

(3) Schnabelmaier, H. u. J. Blümel: Korrosion u. Metallose bei d. Bündelnagelung. Langenbecks Arch. klin.Chir.310(1965)18

(4) Straumann, F. et al.: Neuere experimentelle u. klin. Ergebnisse über d. Metallose. Langenbecks Arch. klin.Chir.305(1963)21-27

(5) Brussates, F., J.Nonhoff-Metallkundl. Untersuchg. d. bei Osteosynthese verwendeten Implantate. Arch.Orthop. Unfallchir.62(1967)64-68

Deswegen muß das zur Osteosynthese verwendete Implantat eine weitgehende Korrosionsresistenz aufweisen.
Diese Korrosionsresistenz besteht hauptsächlich im Vorliegen einer dünnen Passivschicht, die nicht verletzt werden darf. Dies gilt vor allem bei der Sterilisation und beim Einsetzen des Implantates. Auch mechanische Prozesse wie Biegebeanspruchungen als Kaltverformung können eine Korrosion in Gang setzen, welche als Spannungskorrosion ihre Ursache im Elektropotentialunterschied der deformierten Gegend gegenüber nichtdeformierten Metallbezirken hat. Weiter bilden Fremdmetallpartikel ein Potentialgefälle, wenn beim Einsetzen eines Implantates mit Fremdmetallwerkzeugen dieses mit Partikeln verunreinigt wird. Dies führt zur Korrosion und Metallose.

Dabei kann auch, abgesehen von der beschriebenen Fremdmetallverunreinigung, die oberflächliche Schutzschicht zerstört und dadurch zusätzlich der Korrosionsvorgang verstärkt werden. (1)
Deshalb besteht die Forderung, Material und Werkzeug müssen aus dem gleichen Material bestehen.
Eine weitere Korrosionsursache ist die Verwendung gemischten Metalles, bspw. Vitallium/Cobald zusammen mit Mg-enthaltendem V4A-Stahl.
Sauerstoffarme Stellen am Metall verhalten sich wie Anoden zum übrigen Metall mit entsprechender Korrosion verursachender Potentialdifferenz. Wo Schrauben durch Schraubenlöcher dem Plattenloch anliegen, ist die Möglichkeit einer niederen O_2-Spannung und damit von Korrosion gegeben.
Die klinischen Symptomen der Metallose sind Osteoporose, Resorptionen, Periostiden, Fistelungen, Knochenschmerzen, Materiallockerung und Bruch und Sekundärfrakturen. (Knoch s.o.)

(1) Brussatis, F., M.E. Müller: Metallbeschaffenheit u. Korrosionserscheinungen an Platten u. Schrauben. Langenbecks Arch.klin.Chir.305 (1964)17

Die Ursachen der Metallose als Korrosionsfolge sind also sehr vielfältig und nicht immer mit Sicherheit zu vermeiden. (1)
Ist der "Keim" zur Korrosion gelegt, so schreitet sie mit der Zeit fort und die o.a. Folgen können sich einstellen. Darum ist es angezeigt, nach der Frakturheilung das Metallimplantat möglichst rasch zu entfernen.(2)

3. Sarkomentstehung

Die Entstehung eines Tumors nach Unfall ist bekannt, nach Osteosynthese ein ursächlicher Zusammenhang damit jedoch selten beschrieben, sodaß diese Gewebsreaktion mehr hypothetischen Charakter trägt und in diesem Zusammenhang eine untergeordnete Rolle zu spielen scheint. (3)
Immerhin wurden von Mc Dougel, L.H. Bauer, Lubinus, Bürk Bürkle,de la Camp, Struppler und Knoch insgesamt 7 Fälle von Sarkomentstehung nach Osteosynthesen beschrieben und die Zahl mag nur deshalb so gering sein, weil es üblich ist, das Implantatationsmaterial irgendwann einmal zu entfernen.

4. Knochenwachstum

Beim Kind ist eine baldige Entfernung des Implantates aus zwei Gründen angezeigt. Erstens sind Längenwachstumsstörungen des Knochens zu befürchten; (Hackethal) besonders wenn eine Epiphyse durchquert wurde.
Zweitens verschwindet infolge des raschen Längenwachstums das Implantationsmaterial und ist dann nur mehr sehr schwer aufzufinden. (Küntscher)

(1) Frank, E.: Metallurgische Probleme der Osteosynthese. H. Unfallheilk. 97 (1968) 51

(2) Iselin, M. et al.: Elektrophoretische Untersuchungen über die Reaktion des Knochens auf osteosynthetischem Material. Langenbecks Arch.klin. Chir. 305(1963-64)44

(3) Knoch, G.G.: Gewebsreaktionen nach Osteosynthesen. Zbl. Chir. 91(1966)1276

5. Infektionsgefahr

Trotz bester Asepsis und guter Weichteildeckung kann es noch lange noch Metallimplantation zu Eiterungen im Bereich "metallverseuchter" Stellen kommen. Die bei der Operation eingebrachten Erreger können in einem Ruhestadium verharren und erst nach einer allgemeinen oder lokalen Reizwirkung, oder nach Änderung der Abwehrlage des Wirtsorganismus wieder virulent werden und zu Spätinfektionen Anlaß geben. Auch Herdgeschehen können von ihm ausgelöst werden.
Ein metallischer Fremdkörper stellt somit über einen unbegrenzten Zeitraum eine potentielle Infektionsgefahr dar (1) und darum ist schon aus diesem Grunde eine rechtzeitige Entfernung angezeigt.

6. Sekundärverletzungen

Oft liegt das Osteosynthesematerial direkt unter der Haut und gefährdet diese durch mechanische Einwirkungen. Bei Spickungen oder Zuggurtungen am Olecranon durchspießt bisweilen ein Draht die Haut. Das zuvor schon mechanisch gereizte Gewebe wird nunmehr von außen infiziert, wobei das Metall die auftretende Eiterung unterhält. Schon um dies zu verhindern muß auch aus jenem Grund das Material entfernt werden. (2)
Auch soll man gerade heute mit weiteren Unfällen der Implantatversorgten rechne, wobei die liegenden Metallimplantate ihrerseits zu schweren Verletzungen, wie Nerven-Gefäßabrissen und Weichteilverletzungen führen können. Dieser Gefahr kann ebenfalls nur durch Entfernung der Implantate nach Frakturheilung begegnet werden. (3)

(1) Hierholzer, G.: Zeitpunkt der Entfernung v. Osteosynthesematerial. Chirurg42(1971)258

(2) Rehm J.: Zeitpunkt der Entfernung von Osteosynthesematerial. Chirurg 42(1971)257

(3) Leitz, G.: Typische Komplikationen nach Osteosynthesen u. ihre mechan. Ursachen. Arch.Orthop. Unfallchir.59(1966)328

7. Schmerzen

Oft bestehen nach langer Liegedauer eines Implantates Schmerzen im Versorgungsbereich, ohne daß ein pathologisch faßbares Substrat vorhanden wäre. Man nimmt an, daß die zum umgebenden Gewebe unterschiedliche Wärmekapazität des Metalles evtl. auch seine magnetische Feldwirkung bei Aufnahme elektromagnetischer Wellen zu Irratation führen, welche sich als Schmerzen zeigen. Die Materialentfernung schafft hier Abhilfe.

8. Inhomogenität

Ein metalladaptierter, frakturierter Knochen regeneriert sich zwar, doch werden unphysiologische Zug- und Druckspannungen vom Material auf den Knochen ausgeübt, was eine Änderung der inneren Struktur zur Folge hat. Solange der Knochen durch Platten und Schrauben fixiert ist, vermag er weder seine normale innere Struktur, noch seine frühere Elastizität zu gewinnen. (1)
Der normalerweise hohen Belastungen gewachsene, geheilte Knochen ist auf den Reiz ständiger Beanspruchung angewiesen, denn nur so bleibt die architektonische sinnvoll konstruierte, homogene Gestalt und Zusammensetzung erhalten, die eine optimale Belastungswiderstandsfähigkeit garantiert.
Unter Platten, die längere Zeit liegen, formt sich der Knochen zu einem lockeren, spongiosaähnlichem, inhomogenen Gewebe um, welches vermindert belastbar bleibt. (2) Auch aus diesem Grund ist eine Implantatentfernung angezeigt.
Bei Versorgung von Schaftfrakturen mit Doppelplatten ist dieser Knochen durch die Kraftaufnahme über die Doppelplatten minder belastbar und hier eine zweizeitige Plattenentfernung angezeigt, um die Gefahr

(1) Müller, M.E., M. Allgöwer, H. Willenegger: Technik d. operativen Frakturenbehandlung. Springer Verlg. Berlin Göttingen Heidelberg(1963)27

(2) Rehm, J., G. Hierholzer: Zeitpunkt der Entfernung von Osteosynthesematerial. Chirurg 42(1971)259

einer Refraktur zu bannen. (1)

9. Sekundärfrakturen

Durch zu langes Liegen von Metallimplantaten entsteht eine Änderung der Beanspruchbarkeit des Knochens infolge Veränderung der herrschenden inneren Spannungen und damit einer Spannungsversprödung durch belastungsunabhängige Faktoren wie Kraftumlenkung und insbesondere Kerbwirkung an den Stellen wo das Osteosynthesemittel über lange Zeit den Knochen gekerbt hatte.
Diese Folge der Kerbwirkung, die Sprödbruchanfälligkeit, ist dem Techniker schon lange bekannt und tritt auch in der Knochenchirurgie als Sekundärfraktur auf, bspw. am Ende einer lang gelegenen Druckplatte.
Deshalb sollte diesen mechanischen Gesetzmäßigkeiten Rechnung getragen und Implantate entfernt werden bevor es zu Kerb-, Sprödbrüchen und Kraftumlenkungsbrüchen als Refrakturen kommt. (2)

V. ZEITPUNKT DER IMPLANTATENTFERNUNG

1. Allgemeines

Der Zeitpunkt der Entfernung hängt ganz allein davon ab, ob die Frakturheilung vollkommen beendet ist. Die Dauer der Knochenbrucheilung richtet sich nach verschiedenen Faktoren und ist immer im Einzelfall auf Grund später angegebener klinischer und röntgenologischer Kriterien zu entscheiden.
Darum können also nur grobe Zeitempfehlungen gegeben

(1) Kuner, E., S. Weller: Zur Frage der Metallentfernung nach Osteosynthese. Dtsch. med. Wschr.93(1968)110

(2) Leitz, G.: Typische Komplikationen nach Osteosynthesen und ihre mechan. Ursachen. Arch. Orthop. Unfallchir.59(1966)328-357

werden, die eine Spanne umfassen, in deren Rahmen man sich bewegen sollte.
Abhängig ist die Frakturheilung vom Alter des Kranken, dem Allgemeinzustand, der Nachbehandlung, der Art der Fraktur, besonders der Länge der Frakturlinien, ihrer osteosynthetischen Versorgungsweise, von der anatom. Lokalisation, Anzahl und Schwere der Nebenverletzungen. (1) Schließlich spielt noch die individuelle Regenerationsfähigkeit eine Rolle, die unter sonst gleichen Bedingungen bei dem einen Knochenbruch schneller als bei einem anderen zur Ausheilung führt. (2)

Die Zeit nach der Osteosynthese als Nachbehandlungszeit kann man ganz schematisch in 4 Phasen einteilen:

1. Die primäre postoperative Phase
2. Phase der vollständigen Entlastung mit aktiver Bewegung
3. Phase der Teilbelastung
4. Phase der Vollbelastung

Diese Nachbehandlung ist erst mit der Entfernung des Osteosynthesematerial und dem Erreichen der Vollbelastbarkeit und einer optimalen Funktion erreicht.(3)

(1) Reifferscheid, J.: Chirurgie. Ein Kurzlehrbuch. Thieme Verlag Stuttgart (1970)485

(2) Hellner, H., R. Nissen, K. Vosschulte: Lehrbuch der Chirurgie. Thieme Verlag Stuttgart (1967) 871

(3) Kunder, E., S. Weller: Zur Nachbehandlung der Osteosynthese. Dtsch. med. Wschr.93(1968)2o2-2o5

Nach Reifferscheid gelten bei Erwachsenen als Mindestheildauer von Frakturen an der oberen Extremität folgende Zeiten:

Finger	4 - 6 Wochen
Handwurzel	6 Wochen
Os naviculare	6 Wochen
beide Vorderarmknochen	13 Wochen
Elle	10 -12 Wochen
Speiche	5 - 8 Wochen
Oberarmschaft	3 - 4 Wochen
proximaler Oberarm	6 Wochen
supracondylärer Oberarm	8 Wochen
Schlüsselbein	6 - 8 Wochen

nach H. Hellner

Fingerbrüche	4 - 8 Wochen
Clavicula	4 - 5 Wochen
typ. rad. frakt.	3 - 4 Wochen
Bruch eines Vorderarmknochens	5 - 6 Wochen
beider Vorderarmknochen	8 -10 Wochen

Bei Kindern sind die Heilungszeiten um 2 - 4 Wochen kürzer, da die Regenerationsfähigkeit des Gewebes größer ist. An der unteren Extremität sind die Zeiten länger, vor allem weil mehr Substanz - auf Grund der stärkeren Beanspruchung - zu ersetzen ist.

Oberschenkelhals	16 - 20 Wochen
Oberschenkel	12 - 16 Wochen
Unterschenkel	10 - 12 Wochen

Diese Zeitunterschiede der Heilung verschiedener Frakturlokalisationen kommen hauptsächlich durch die unterschiedliche Gefäßversorgung, (Oberschenkelhals, Os naviculare) und durch die verschiedene Knochenstruktur

zustand. Frakturierter spongiöser Knochen ist schneller durchbaut als die Compakta des Humerus bspw. mit ihrem großen Anteil an Corticalis. (1)
Ist der Verletzte höheren Alters, sind die Heilungszeiten stark verlängert.
Sind größere Weichteil- oder Gefäßverletzungen mit vorhanden und kommt eine Infektion hinzu, so verlängert sich die Heilungszeit ebenfalls stark. Das gleiche gilt wenn der Ernährungszustand schlecht ist oder sekundäre oder vorausgegangene Erkrankungen den Organismus geschwächt haben.
Weiterhin zeigen sich Unterschiede in der Heilungsdauer entsprechend der Bruchart. Ein heilender Querbruch mit kleiner Bruchfläche hat bei gegebener Beanspruchungsgröße eine größere Kraft je cm^2 Bruchfläche aufzunehmen als ein Schrägbruch mit seiner größeren Adaptionsfläche. An einem Querbruch sind also Scherkräfte stärker wirksam, insofern ist letzterer eher belastbar.
Somit gilt, daß bei Osteosynthese die frühestmögliche Belastbarkeit und damit letztlich der Zeitpunkt der Implantatentfernung von der Frakturheilung abhängt. Diese wiederum wird von den oben genannten Faktoren beeinflußt.

2. Abhängigkeit der Implantatentfernung von Versorgungsart und anatomischer Lokalisation

Eine Fraktur, die röntgenologisch und klinisch verheilt ist, ist zwar voll belastbar, doch die morphologische Knochenstruktur ist noch nicht die gleiche wie vor der Fraktur. Eine gewisse Inaktivitätsathropie ist an Knochen und Muskeln festzustellen, die vor allem

(1) Rehn, J., G. Hierholzer: Zeitpunkt der Entfernung des Osteosynthesematerials.42(1971)260

(2) Müller, M.E., M. Allgöwer, H. Willenegger: Technik d. operativen Frakturbehandlg. Springer Verl. Berlin Göttingen Heidelberg(1963)125

bei konservativer Versorgung mit längerer Inaktivität größer ist. Auch soll nach der Materialentfernung noch Zurückhaltung in der Belastung geübt werden, weil die verbliebenen Bohrungs- und Verschraubungslöcher der Osteosynthese (Mehrlochplatten) loco minoris resistentae darstellen.
Es scheint daher ratsam, für ungefähr 2 Monate nach der Entfernung außergewöhnliche Belastungen, insbesondere intensive sportliche Betätigung zu verbieten. (1)
Darum sollte man Entfernungen nicht in Zeiten zu erwartender größerer Beanspruchung (Skisaison) vornehmen. (Kuner u. Weller)

Ganz allgemein kann gesagt werden, daß das zur Osteosynthese verwendete Metall entfernt werden darf, wenn die Fraktur homogen durchbaut, knöchern, fest und ausreichend tragfähig geworden ist. (2) Dabei liegt der häufigste Fehler in der zu frühzeitigen Indikationsstellung, da eine zu frühe Entfernung zur Refraktur führen kann. (3),(4)
Prinzipiell sollten Schrauben, Platten und Nägel nicht vor 12 Monaten entfernt werden, eher später.
Bei Kindern - mit schnellerer Frakturheilung - wird man um die 12-Monatsgrenze entfernen, vor allem wegen dem Auftreten unphysiologischer Zug- und Druckspannungen und der Gefahr der knöchernen Einmauerung des Materials.
(Müller et al.)

(1) Müller, M.E., M. Allgöwer, H. Willenegger: Technik d. operativen Frakturenbehandlg. Springer Verl. Berlin, Göttingen, Heidelberg (1963)125

(2) Kuner, E., S. Weller: Zur Frage d. Metallentferng. n. Osteosynthese. Dtsch.med.Wschr.93(1968)11c

(3) Friedrich, B., R. Zwirner: Indikationsfehler b. d. Materialentferng. n. Osteosynthese. Langenbeck Arch.klin.Chir.327(1970)829-832

(4) Schweikert, C.H.: Kongressbericht, Med. Welt22(1971)1620

Rehn und Hierholzer raten bei verplatteten oder genagelten Schaftbrüchen im corticalen Bereich das Material 1 1/2 - 2 Jahre zu belassen. (1)
Bei Brüchen im sponiösen Bereich erlauben sie wie auch Friedrich und Zwirner die Entfernung schon nach 1 Jahr oder davor. Ebenso hält die Schweizer AO die Entfernung von Implantaten nach 1 1/2 Jahren - 2 Jahren für angezeigt. (2)
Kuner und Weller betonen, daß jede Fraktur eine ihr entsprechende Behandlung verlangt und für die Metallentfernung kein allgemeingültiger Fahrplan aufzustellen sei. Eine jede Fraktur braucht die ihr entsprechende Behandlung und nur anhand der klinischen und röntgenologischen Verlaufskontrolle könne der richtige Zeitpunkt erkannt und festgesetzt werden. Auch eine 18 - 24 Monatsfrist zur Entfernung wird angeführt, wobei der Frakturtyp und das Osteosynthesemittel beachtet werden müssen. (3)

Auf die zweizeitige Entfernung von Doppelplatten wurde bereits hingewiesen. Es sollte ein Abstand von 1/4 Jahr eingehalten werden. (Friedrich, Zwirner, Rehn, Hierholzer)
Drahtcerclagen müssen wegen der Gefahr der Periostabschnürung früher - nach 8-10 Wochen - entnommen werden um eine Ernährungsstörung des Knochens zu verhindern. (Rehn, Hierholzer, Kuner, Weller, Müller et al.)

(1) Rehn, J., G. Hierholzer: Zeitpunkt der Entfernung von Osteosynthesematerial. Chirurg 42(1971)260

(2) Müller, M.E., M. Allgöwer, H. Willenegger:Manual d. Osteosynthese - AO Technik. Springer Verl. Berlin Göttingen New York (1969) 100

(3) Kuner, E., S. Weller: Zur Frage der Metallentf. n. Osteosynthese. Dtsch.med.Wschr.93 (1968) 1o9-11o

Zur Frage der Abhängigkeit der Materialliegedauer von der Bruchart wäre zu sagen, daß je fragmentreicher die Fraktur, umso länger fixiert werden muß. Einfache kurze Schrägfrakturen heilen schneller und sind eher belastbar als Splitterfrakturen, doch wird man sich auch hier in der allgemein empfohlenen 1 1/2 - 2 Jahresfrist bewegen.
Küntscher riet früher, den von ihm angegebenen Nagel nach 3-6 Monaten zu entfernen. (1)
Jetzt beläßt er den Nagel zeitlebens, wenn nicht besondere Gründe, etwa weil der Nagel zu lang wäre, vorliegen. (2)
30 Jahre Erfahrung in der Marknagelung habe gezeigt, daß niemals Schäden durch zu langes Verweilen des Nagels im Körper beobachtet wurden. In dieser Zeit werde der Bruch stets fest, da sich eine ausreichende Kallusmenge entwickeln könne, welche die mechanische Stabilisierung übernehme. Gleichzeitig lockere sich Nagel allmählich und werde außer Funktion gesetzt.
Die Entfernung der Laschenschraube hält er wegen Metallosegefahr nach spätestens 1 Jahr für notwendig. Da aber die Ernährung bei diesem Verfahren oft gestört wurde, sei diese Zeit zum Kallusaufbau oft zu kurz.
Rush empfiehlt, den von ihm angegebenen Pin nach 3 - 6 Monaten, spätestens nach einem Jahr zu entfernen.(3)

An der oberen Extremität kann die Liegedauer der Implantate eher verringert werden als an der unteren Extremität mit deren generell größeren Beanspruchung.

(1) Küntscher, G., R. Maatz: Technid d. Marknagelung. Thieme Verl. Leipzig (1945)63

(2) Küntscher, G.: Das Kallusproblem. Enke Verl. Stuttgart (1970)53-55

(3) Rush, L. von, H. Gellke: Atlas d. intramedullären Frakturfixation n. Rush. Ein Behandlungssystem. München Barth Verl.(1957)

Die Schweizer AO rät im Manual der Osteosynthese am Humerus nur bei Lokalbeschwerden zur Implantatentfernung. (1)
Am Unterarm liegt die Entfernung der Implantate um 1 - 1 1/2 Jahre. Früher neigte man dazu eher zu entfernen. Platten an Fingerfrakturen soll man nach 5-8 Monaten entfernen. (2)
Bei gelenknahen Frakturen können die, die Fraktur im Spongiosabereich fixierenden Nägel, Spickdrähte und Schrauben schon nach ca. 3 Monaten entnommen werden.. Bei Solitätschrauben, Spickdrähten, Zuggurtungen erlischt erfahrungsgemäß deren Funktion als Implantat früher und sie können deshalb gefahrlos nach etwa einem Jahr entfernt werden. (3)

3. Materialentfernung nach Versorgung pathologischer Frakturen

Unter einer pathologischen Fraktur versteht man die Fraktur eines erkrankten Knochens, wobei dieser durch Entzündung (Osteomyelitis, Lues), Entkalkungen (senile Osteoporose, Osteomalazie, Osteodystrophica fibrosa), Geschwulstleiden (Zysten, Riesenzelltumore, Sarkome, Carcinommetastasen) oder Nervenleiden (Tabes, Syringomyelie) frakturbereit geworden ist und bei geringfügigem Anlaß bricht. (Hellner)

(1) Müller, M.E., M. Allgöwer, H. Willenegger: Manual d. Osteosynthese. AO-Technik. Springer Verl. Berlin Heidelberg New York (1969)1oo

(2) Heim, U.: Die Technik der operativen Behandlung der Metakarpalfrakturen. Chir.Helv.Acta 36 (1969)624

(3) Kuner, E., S. Weller: Zur Frage der Metallentferng. nach Osteosynthese. Dtsch.med.Wschr.93(1968)11o

Da wegen des Grundleidens oft die Frakturbereitschaft weiter besteht, bzw. keine Heilungstendenz vorhanden ist, wird man bei einer solchermaßen osteosynthetisch versorgten pathologischen Fraktur das Implantat belassen. Vor allem wenn es sich um eine Palliativmaßnahme (bei malignen Tumoren) handelt und den Patienten die verbleibende Lebenszeit erleichtert.
Ist das Grundleiden gutartiger Natur so wird man nach dessen Therapie und der Frakturheilung das Implantat entfernen.

4. Alter

Bei der Versorgung von Knochenbrüchen bei Patienten im höheren Lebensalter wird man mit der Materialentfernung zurückhaltend sein. Es sei denn, der Patient verspüt Beschwerden. Oft handelt es sich gerade bei diesem Personenkreis um Kranke in mehr oder weniger schlechtem Allgemeinzustand, die auf Grund einer gelungenen Osteosynthese der Invalidität entgingen oder gar am Leben erhalten werden konnten.
Auch läßt ihre begrenzte Lebenserwartung nicht mehr das Auftreten von Komplikationen durch zu langes Belassen der Metallimplantate befürchten. (Kuner, Weller, Schweiz. AO, Rehn, Hierholzer, Friedrich und Zwirner)

VI. BESTIMMUNG DES ENTFERNUNGSZEITPUNKTES

Wie bereits ausgeführt, darf bei der Implantatentfernung nicht schematisch nach einer bestimmten abgelaufenen Zeitdauer vorgegangen werden. Es genügt auch nicht, die Indikation zur Entfernung ausschließlich aus dem Röntgenbild zu stellen.
Genauso wichtig ist die klinische Untersuchung.(Kuner, Weller, Hellner) Bei beiden spielt die persönliche Erfahrung des Behandlers eine große Rolle

1. Klinische Untersuchung

Hier ist besonders Wert auf die Belastbarkeit und die Beanspruchung der Extremität zu legen, wobei keine Schmerzen auftreten dürfen. Die Extremität muß fest und tragfähig geworden sein. (Kuner u. Weller)
Man untersucht auch ob die Fraktur noch "federt", wobei die Prüfung nicht nur in einer, sondern in verschiedenen Ebenen erfolgen muß.
Stauchung darf an der Bruchstelle nicht mehr als schmerzahaft empfunden werden. (Hellner)
Bei einer Infektion der umgebenden Weichteile muß mit der Entfernung zugewartet werden.

2. Szintigraphie

Die Szintigraphie ist eine neuere vielversprechende Methode zur Beurteilung des Heilungsverlaufes nach stabiler Osteosynthese. Vor allem die Regeneration avasculärer Fragmente läßt sich mit Hilfe von 87 m - Sr nachweisen.
Dabei werden die gesunde und kranke Extremität nebeneinander mittels Retilinearscanner szintigraphiert. Die Impulse je Zeiteinheit und Fläche der erkrankten dividiert man durch dieselbe Größe der vergleichbaren Region des simultan erhaltenen Szintigramms. Der resultierende Quotient wird "Quotient der relativen Anreicherung" genannt.
Die normale Frakturheilung geht mit Radiostrontiumanreicherung im Frakturbereich einher, die jedoch verglichen mit der entsprechenden Region der gesunden Gegenseite bei stabiler Osteosynthese geringer ist.
Bei avasculären Einzelfragmenten im Rahmen von Mehrfragmentbrüchen erscheint die Einheilung als umschriebene Radiostrontiumanreicherung auf allen Fragmentseiten, die fehlende Einheilung als diffuse, im Vergleich zur gesunden Extremität nur wenig er-

höhte Aktivitätseinlagerung. Da Frakturen mit größeren devitalisierten Einzelfragmenten nicht belastungsfähig sind und da die Einheilung solcher Fragment röntgenologisch gewöhnlich nicht oder nur schwer beurteilbar ist, kommt diesem Nachweis der Radiostrontiumanreicherung große Bedeutung zu. (1)

3. Röntgenologie

Das Röntgenbild ist das wichtigste Mittel zur Bestimmung des Entfernungszeitpunktes.
Man muß sich jedoch bei seiner Betrachtung stets vergegenwärtigen, daß bei der Osteosynthese eine Primärknochenheilung, ohne Ausbildung einer luxuriös imponierenden Kallusüberbrückung angestrebt wird. (Kuner u. Weller, Wieser, Allgöwer et al., Friedrich u. Zwirner, Rehn u. Hierholzer, Tscherne)
Dabei kann der knöcherne Durchbau an einer homogenen Strukturzeichnung im Bruchbereich erkennbar sein, wobei aber zur Beurteilung unter Umständen projektionsbedingte Überlagerungen zu vermeiden sind. (Rehn u. Hierholzer) Oft ist die primäre Ossifikation nach stabiler Osteosynthese einzig am Verschwinden des Frakturspaltes zu erkennen. Bleibt ein Bruchspalt bestehen, oder tritt er, nachdem er bereits verschwunden war wieder auf, zeigt sich Kallus oder Osteolyse, so sind dies Zeichen gestörter oder verzögerter primärer Knochenheilung deren Ursache hauptsächlich in der Instabilität und Unruhe der Frakturenden zu suchen ist. (2),(3)

(1) Tscherne, H.: Operative Frakturbehandlung. Langenbecks Arch.klin.Chir.324(1969)352-356

(2) Wieser, C., M. Allgöwer: Die Beurteilung der Knochenheilung nach stabiler Osteosynthese im Röntgenbild. Radiol. clin.(1962)303

(3) Tscherne, H.: Operative Frakturbehandlung. Langenbecks Arch.klin.Chir.324(1969)352

Eine in idealer Reposition fixierte Fraktur läßt aber bereits am Operationstag den Frakturspalt nicht mehr erkennen. Hier eine röntgenologische Aussage über den Heilungsverlauf sehr schwer möglich. Dies unterstreicht nur die Forderung, die klinische Symptomatik, gewonnen aus laufender Überwachung mitschriftlicher Fixierung der Daten, verbunden mit den persönlichen Erfahrungswerten des Behandlers zur Aussage heranzuziehen. (Friedrich u. Zwirner)
Zur Knochenregeneration in Frakturspalt ist eine dauerhafte Stabilisation unumgänglich. Treten Mikro- oder Makrobewegungen auf, so ist der knöcherne Durchbau gestört. Dabei findet man dann röntgenologisch bald sichtbare Kallusbildung. Zunächst handelt es sich um einen Irritationskallus, welcher wolkig und unscharf begrenzt und ohne erkennbare Strukturierung ist. Ein weiteres rötngenologisches Indiz ist das Persistieren oder das erneute Sichtbarwerden des Frakturspaltes. Es ist dabei festzuhalten, daß sichtbare Kallusbildung im Röntgenbild nach einer Platten- und Schraubenosteosynthese immer ein Zeichen für Instabilität ist. Dies ist ein Alarmzeichen und muß therapeutisch angegangen werden.
Zu beachten sind auch Lysezonen im Bereich von Schraubengewinden - ebenfalls Zeichen von Instabilität.

Die Ursache solcher Röntgensymptomatik kann sein, daß die Versorgung nicht stabil war oder daß zu früh belastet wurde. (1) In jedem Fall ist die Fraktur als nicht geheilt zu bezeichnen und das Implantat darf nicht entfernt werden. Vielmehr sollte ein Gipsver-

(1) Kuner, E. u. S. Weller: Zur Nachbehandlung der Osteosynthesen. Dtsch. med. Wschr.34(1969)2o4

band, bzw. bei Frühbelastung eine Entlastung versucht werden, wobei sich der Reizkallus dann in einen Fixationskallus, welcher die Fraktur stabilisiert, umwandeln wird. Werden diese röntgenologisch deutlich ablesbaren Zeichen nicht beachtet, so bildet sich eine Pseudarthrose (röntgenologisch: Kallusaufhellungen und Achsknickungen) aus oder es kommt gar zu einem Implantatbruch. (Wieser u. Allgöwer, Kuner u. Weller)
Lokale Beschwerden und Reizerscheinungen, welche im Röntgenbild mit den zwei üblichen Standardaufnahmen keine eindeutige Erklärung finden, sollten mit einer dritten Aufnahmerichtung oder Tomogrammen näher abgeklärt werden. (Wieser u. Allgöwer)
Die wichtigsten Hinweise für eine gestörte Knochenheilung im Röntgenbild sind also:

1. Verhalten des Frakturspaltes (Verbreitung oder Wiedererscheinen des Spaltes)
2. Bildung von Kallus
3. Auftreten osteolytischer Zonen
4. Achsknickungen

Anders verlaufen die konservative Frakturheilung und auch die Heilung nach Marknagelung. Hier bildet sich ein Fixationskallus, wobei dieser die mechanische Stabilsierung der Fraktur übernimmt. (1)
Dabei darf der Nagel - wenn überhaupt (s.o.) - erst entfernt werden, wenn sich röntgenologisch sichtbar, genügend fester Kallus gebildet hat. (2)

(1) Küntscher, G.: Das Kallusproblem. Enke Verlag Stuttgart (1970)33-55

(2) Küntscher, G.: Praxis der Marknagelung. Schattauer Verl. Stuttgart(1962)

VII. MATERIALENTFERNUNG BEI KOMPLIKATIONEN

Als Komplikationen, welche direkt oder indirekt Konsequenzen für die Materialentfernung haben sind die Osteomyelitis, die verzögerte Knochenheilung und Pseudarthrose, sowie die Materiallockerung und der Materialbruch zu nennen.

1. Osteomyelitis

Die Osteomyelitis gilt als schwerwiegende Komplikation bei der Osteosynthese und sie ist das Hauptargument gegen diese Art von Frakturtherapie.
Tatsächlich kommt es, trotz peinlichster Asepsis und Infektionspropyhlaxe in einem gewissen Prozentsatz (1-2%) der Osteosynthesen zur Knocheninfektion. (1)
Der Grund kann in der Vorschädigung des Gewebes durch Quetschung und der Deperiostierung liegen.
Primär offene Frakturen sind besonders begünstigt. (2)
Prophylaktisch sollten infektionsgefährdete Frakturen konservativ behandelt werden. Außerdem ist die Anwendung eines Antibiotikums indiziert.
Bei Osteosynthese sollte Metall sparsam verwendet, die Weichteile und das Periost geschont und auf exakte Repostition und optimale Stabilisierung besonders Wert gelegt werden. Ist eine Infektion eingetreten, so empfiehlt Willenegger als Standardverfahren folgende Maßnahmen:

1. Belassen der Implantate
2. Einrichten einer Spüldrainage
3. Allgemeine Antibiotikaanwendung. (3)

(1) Weber, B.G.: Die Überwachung und Behandlung n. oper. Versorgung von Frakturen. Münch.med.Wschr.1o8(1966) 52o

(2) Schmid, J.P: Fehlergebnisse n. Osteosynthesen an d. oberen Extremität.Med.Diss.München(1971)53

(3) Willenegger, H., M. Ledermann: H. Unfallheilk.1o2 (197o)48-49

Das Prinzip der Implantatbelassung gilt grundsätzlich solange es die Fraktur stabilisiert. (Willenegger, Debrunner, Cech, Kuner u. weller, Küntscher, Weber Schramm, Rehn u. Hierholzer, Schauwecker u. Weller, Friedrich u. Zwirner, Schlachetzki)
Die Frakturheilung wird bei ausreichender Infektionseindämmung fortschreiten. (Kunder u. Weller)
Erst wenn eine genügend knöcherne Konsolidierung eingetreten ist, darf die Metallentfernung vorgenommen werden. Der frühere Grundsätz, bei Infektion nach einer Operation am Knochen mit Fremdkörperversorgung sofort diese Stabilisatoren zu entfernen, gilt also heute nicht mehr (1), denn die Stabilität ist die beste Voraussetzung für die Frakturheilung trotz Infektes.
(Weber.)
Dabei müßten aber Sequester entfernt und durch Eigenspongiosa ersetzt werden, damit die Frakturkonsolidierung möglichst schnell erfolgt. Nach Willenegger und Ledermann sind die Aussichten auf Reossifikation von infiziertem Knochen bei absoluter Stabilität sehr groß.
Die Implantatentnahme bei erhaltener Stabilität führt meistens zur Pseudarthrose und der Infekt wird damit nicht wirksam behandelt. (2)
Zwar wird das Osteosynthesematerial als Fremdkörper eine eingetretene Infektion unterhalten, diese betrifft jedoch bei ausreichender Durchblutung nur einen umschriebenen Bereich und beeinträchtigt kaum die knöcherne Heilung. (3)

(1) Rehn, J., G. Hierholzer: Zeitpunkt der Entferng. v. Osteosynthesematerial. Chirurg42(1971)160

(2) Debrunner, A., O.Cech: Die Behandlung d. infizierten Osteosynthesen u. Pseudarthrosen mit Hilfe d. externen Fixation. aus: G. Hierholzer, J. Rehn: Die posttraumatische Osteomyelitis. Schattauer Stuttgart New York(1970)155

(3) Schauwecker, F.; S. Weller: Ursachen d. knöchernen Infektion n. Osteosynthesen. aus: Hierholzer, G., J. Rehn: Die posttraumatische Osteomyelitis. Schattauer Stuttgart new York (1970)33

Ist durch das Metall keine Stabilität mehr gegeben, wie z.B. nach Schraubenlockerung an einer Platte oder bei anderen insuffizienten Osteosynthesen, so sind die Fremdkörper unter gleichzeitiger operativer Osteomyelitissanierung zu entfernen. (Rehn u. Hierholzer) Auch Marknägel sollte man, solange sie die Stabilität des Bruches gewährleisten, nicht entfernen, sondern die von Willenegger angegebene Spüldrainage möglichst frühzeitig durchführen. (1)
Nach Küntscher wäre die Entfernung des Nagels bei einer Bruchspaltinfektion, solange die Fraktur noch stabil ist, ein Kunstfehler. (2)
Nach der Ansicht von Schlachetzki, hat es den Anschein, als ob stabilisierendes Metall bei Infektionen häufiger entfernt werden muß als daß es belassen werden kann. Seiner Ansicht nach hängt es mehr vom Ausmaß der Infektion ab- doch sei bei einer Frakturspaltostitis der Versuch gerechtfertigt, die Infektion ohne Materialentfernung zu beherrschen. (3)
Lange und Witt fordern die Metallentfernung bei vorliegender Infektion; nach Lange kann lediglich der Küntschernagel unter besonderen Bedingungen belassen werden. (zit. n. Schlachetzki)
Nach Entwicklung einer Markphlegmone ist die dringliche Entfernung auch des Küntschernagels indiziert, da eine Stabilität bei Nagellockerung nicht gewährleistet ist.(4)

(1) Schramm, W.: Über die Nachbehandlung operierter Knochenbrüche. Mschr. Unfallheilk.68(1965)411

(2) Küntscher, G.: Praxis der Marknagelung. Schattauer Stuttgart(1962)281

(3) Schlachetzki, J.: Entfernung d. Osteosynthesematerials bei Infektionen einer Fraktur. aus: Hierholzer,G. J. Rehn:Die posttraumatische Osteomyelitis. Schattauer Stuttgart - New York (1970)90

(4) Popkirov, St.: Chir. Vorgehen bei der Behandlg. bakt. Infektionen nach Osteosynthese. H. Unfallheilk. 1o2(197o)36

2. Oberflächliche Wundheilungsstörungen

Frakturen, welche die oberflächliche Wundheilung stören sind: höheres Alter, Vitamin C- und K-Mangel, Anämie, Arteriosklerose.
Als lokale Faktoren spielen die Hauptrolle:
Infektion, Fremdkörper und falsche Schnittrichtung bezüglich der Hautspaltlinien.
Außerdem: Proteinmangel, Austrocknung, maligne Tumore, Fibrinolyse, Fibrinogenmangel, Mangel des Blutgerinnungsfaktor XIII und lokale fibrinolytische Faktoren.
(Schmid)
Weiterhin können sich Hämatome im Operationsbereich infizieren - vor allem über die Fadenkanäle.
Diese Wundheilungsstörungen erfordern eine stationäre Überwachung der Patienten und eine Ruhigstellung der Extremität, sowie das Anlegen einer Saugdrainage bei Infektionen. Luftdichte Wundabdeckungen und mangelnder Abfluß sind zu vermeiden. (1) Doch primär ist durch eine solche Infektion, wenn sie lokalisiert bleibt und nicht auf den Knochen übergreift die Osteosynthese nicht gefährdet. An eine Implantatentfernung braucht darum nicht gedacht werden.

3. Materiallockerung und Instabilität

Die Ursachen der Materiallockerung liegen allgemein in einer instabilen Osteosynthese verursacht durch unterdimensionierte Schraubenfixation, Resorptionen durch Überhitzung beim Vorbohren von Schraubenlöchern, äußere Gewalteinwirkung, Frühbelastung

(1) Hierholzer, G.: Pathogenese und Grundlagen der Behandlung bakterieller Infektionen n. Osteosynthesen. n. Unfallheilk.1o2(197o)36

Metallose, Infektion und Anwendung falscher, nämlich zu schwacher Osteosynthesemittel wie Cerclagen oder zu dünner Marknagel. (1)
Diese Materiallockerung kann durch dauernde zyklische Beanspruchungen zum Materialbruch führen. Die Lokkerung selbst führt zur Instabilität der Synthese, wobei aber auch eine primäre Instabilität Materiallockerungen verursachen kann.
Eine weitere Folge der Instabilität ist die Pseudarthrose. Röntgenologisch zeigt sich, wie oben beschrieben ein sogenannter Irritationskallus, ohne Strukturierung, wolkig und unscharf begrenzt, (Kuner u. Weller) wobei durch die dauernden Mikro- und Makrobewegungen der knöcherne Durchbau gestört wird.
Therapeutisch wird man versuchen durch äußere Ruhigstellung mittels eines Gipses die Umwandlung des Irritationskalluses in einen Fixationskallus ohne Implantatentnahme zu erreichen.
War Frühbelastung die Ursache der Instabilität, so kann man durch erneute Entlastung an Stöcken eine knöcherne Fixierung erreichen. (Kuner u. Weller)
Ist die Instabilität zu groß und die Materiallockerung zu weit fortgeschritten, so wird man das Implantat sofort entfernen und unter operativer Fixierung mit Druckplatte, Zugschraube, Zuggurtung oder Marknagel, hier unter Aufbohrung, eine Fixierung erreichen. (2)
Bisweilen genügt auch schon eine Entlastung und Ruhigstellung im Gipsverband ohne Implantatwechsel.
Andere Faktoren, wie bspw. ein Infekt bedürfen natürlich einer spezifischen Behandlung.

(1) Dürr, W.: Pseudarthrosenentstehung infolge unzureichender Osteosynthesen. Chirurg 39 (1968)

(2) Wieder, C., M. Allgöwer: Die Beurteilung d. Knochenheilung n. stabiler Osteosynthese im Röntgenbild. Radiol.klin.31(1962)297-303

4. Pseudarthrose nach Osteosynthese

Im Prinzip entsteht nach dem vorbeschriebenen Mechanismus aus der Instabilität die Pseudarthrose, wobei in den meisten Fällen die insuffiziente Osteosynthese zur Materiallockerung führt. Für die Behandlung der Pseudarthrose ist ihre Entstehung maßgebend. In der Mehrzahl der Fälle handelt es sich also um einen mechanischen Faktor, wobei um Verlauf der Frakturheilung die notwendige Ruhigstellung aus irgendeinem Grund nicht gegeben war. Fehlende oder unzureichende Ruhigstellung im Gipsverband, Fragmentfehlstellung, Distraktion, Sperrung durch einen anderen Knochen (Radius, Ulna), Muskelzug der kontinuierliche Scherkräfte bewirkt sind die Ursache der Pseudarthrosenentstehung.
Zu den Materiallockerung bewirkenden Faktoren wie Metallose, Infektion, ungenügende Implantatverankerung, Frühbelastung, zu schwaches oder ungeeignetes Implantat wie zu dünne Marknägel, Kirschnerdrähten, sperrenden Schrauben usw. kommen die oben genannten Ursachen hinzu. (1),(2)
Weiterhin können gestörte Durchblutung, Calcium-/Phosphatmangel und andere Stoffwechselstörungen örtliche Weichteilschäden, Osteomyelitiden und ebenso wie Materialfrühentfernunge, Weichteilintopositionen der Grund einer Pseudarthrose sein.
In der Mehrzahl aber liegen einer Pseudarthrose örtliche Ernährungsstörungen des Knochens, Instabilität oder Infektionen zu Grunde. (Weller)
Dabei unterscheidet man athropische, hypertrophische und Infektpseudarthrosen.
Für die hypertrophische Pseudarthrose gilt, daß im Frakturbereich immer wieder Knochenneubildung auftritt,

(1) Weller, S.: Behandlungsprinzipien von Pseudarthrosen. Chirurg 10 (1967)445-448

(2) Dürr, W.: Pseudarthroseentstehung infolge unzureichender Osteosynthese. Chirurg 39(1968)192

welche die Bruchstelle zu durchbauen sucht, durch mechanische oder andere Ursachen aber dabei gehindert wird. Gelingt es diese Unruhekraft auszuschalten, so kommt es rasch zur knöchernen Heilung. Für die Implantatentfernung bedeutet dies, daß das Metall sofort entfernt wird. Nur in leichteren Fällen mit geringer Lockerung werden eine Ruhigstellung in Gips und Entlastung oder Sperrkraftausschaltung genügen.
Mit der Metallentfernung und neuerlicher lege artis durchgeführter Osteosynthese werden die mechanischen Ursachen beseitigt und man kann mit Frakturheilung rechnen. Keinesfalls sollte dann das Zweitimplantat zu früh entfernt werden. Der behandelnde Arzt wird sich nach den röntgenologischen und klinischen Kriterien richten und eher etwas später entfernen.
Früher war man bei Pseudarthrosen zu großen chirurgischen Eingriffen mit Resektion und Schaffung frischer Bruchflächen, Spananlagerungen (Phemister), Verschiebeplastiken, Bohrungen (Beck) gezwungen. Heute ist bekannt, daß sich bei hypertrophischer Pseudarthrose das Pseudarthrosegewebe durch Druck zu Knochen umformen läßt. Mit der Druckosteosynthese durch eine Kompressionsplatte oder der Marknagelung nach Küntscher und Markaufbohrungen stehen daher überlegene Verfahren zur Verfügung, ohne daß man zusätzlich zu Immobilisieren braucht. (1)

Bei atrophischen Pseudarthrosen zeigt sich keinerlei Heilungstendenz - vor allem wegen mangelnder Durchblutung. Hier muß zusätzlich zur Druckosteosynthese Küntschernagelung Spongiosa als biologische Potenz (Weller) eingebracht und kurzzeitig (2-3 Wochen) ruhiggestellt werden. Bei der Marknagelosteosynthese genügt oft die Markaufbohrung zur Anregung der örtlichen Durchblutung.

(1) Weller, S.: Die Bedeutung der stabilen Osteosynthese bei der Behandlung von Pseudarthrose. Langenbecks Arch.klin.Chir.325 (1969)816

Für die Infektpseudarthrosen müssen im Einzelfall geänderte Maßnahmen ergriffen werden. Die örtliche Infektion wird durch Spüldrainagen, Redondrainage und gezielte Antibiotikabehandlung bekämpft.
Es sei nochmals auf das Prinzip hingewiesen, alle Osteosynthesemittel, solange sie zur Stabilisierung der Pseudarthrose beitragen, zu belassen.
Haben sich dagegen infolge des Infektes Schrauben, Nägel u.ä. gelockert, so sind sie wertlos und müssen sofort entfernt werden. In jedem Falle bringt auch hier die stabile Osteosynthese für das Abklingen des örtlichen Infektes und die knöcherne Ausheilung entscheidende Vorteile. Zusätzlich mit der Spongiosaplastik kommen die weitaus meisten Pseudarthrosen zur Abheilung.

5. Materialbrüche

Der Materialbruch ist oft eine Folge von Materiallockerung, Überbeanspruchung, instabiler Osteosynthese, zu langer Liegedauer mit einsetzender Korrosion, schlechter Materialqualität und Unterdimensionierung. Die instabile Osteosynthese ermöglicht Schwingungen und Verspannung des Metalls, dabei kann es zur Schwingungsrißkorrosion kommen. Unsachgemäßes Einsetzen fördert die Korrosion (s. Kap. Korrosionen) ebenso wie sich stetig wiederholende Belastungen.
Den bei Materiallockerung gehäuft auftretenden dynamischen Belastungen setzt das Material einen weit geringeren Widerstand als statischen Belastungen entgegen.
Die Ursachen, die das Material betreffen, sind oft verminderte Korrosionsbeständigkeit und auch zu hohe Sprödigkeit - während der Kaltverformung bei

der Fertigung entstanden. (1)
Weiterhin kennt man die Erscheinung des plötzlichen Sprödbruches und des Bruches durch Kerbwirkung. (leitz)

Ist das Metallimplantat gebrochen, so muß es entfernt werden, was oft recht schwierig ist. (2)
Eine Ruhigstellung ohne Entfernung der metallischen Bruchstücke in der Hoffnung auf Heilung der Fraktur erfüllt sich selten. (Briskin) Vielmehr sollte stabil osteosynthetisiert werden, unter Vermeidung der Ursachen, welche einen Materialbruch auslösten.

6. Sekundäre Nervenschädigungen

Sie sind zumeist als Operationsfolge zu werten, indem der Nerv bindegewebig umwachsen und ein unphysiologischer Druck auf ihn ausgeübt wird. Letzteres kann auch intra operationem durch falsche Lagerung geschehen. Für die Metallentfernung spielt dies aber keine Rolle, vielmehr wird man, wenn nötig, eine Neurolyse durchführen. Das Metall wird bis zur Bruchheilung belassen. Oft werden dringliche Neurolyse und Materialentfernung zusammen durchgeführt.

7. Sudecksche Erkrankung

Sie stellt eine in 3 Stadien verlaufende vegetative Dystrophie eines Weichteil- und Knochensegments dar, die traumatisch, nervös oder thrombotisch ausgelöst wird. Immer findet sich eine spastische Bereitschaft der Arteriolen (3)

(1) Briskin, B.S.: Bruch von Metallschienen nach der Osteosynthese u. taktisches Vorgehen bei diesbezüglichen Komplikationen. Zbl.Chir.89 (1964)862

(2) Elmendorff, Frhr. v., H., H. Simmert, W. Hupfauer: Über Brüche v. metallischen Implantaten. Arch.Orthop.Unfallchir.67 (1969)141-154

(3) Reifferscheid, M.: Chirurgie. Thieme Stuttgart (1970)862

Die Therapie ist vorwiegend symptomatisch und empirisch. In den beiden ersten Stadien werden Cortisolpräparate; Leitungsanaesthesien zur Schmerzausschaltung und Durchblutungsförderung gegeben. Wichtig ist prophylaktische Schmerzbekämpfung um Gewebeschädigung zu verhindern und die Gelenke beweglich zu halten.
Die Osteosynthese muß übungsstabil sein und die nicht fixierten Gelenke sollen aktiv bewegt werden. (Schmid)
Zur Materialentfernung stellt die Sudecksche Erkrankung keine Indikation dar, eher das Gegenteil, da ja eine weitere Gewebsschädigung zu vermeiden und Übungsstabilität zu erhalten ist. Man wird das Implantat also eher länger belassen.

S P E Z I E L L E R T E I L

I. Eigenes Krankengut

An der Chirurgischen Universitätsklinik München wurden von 1960-1970 bei 174 Patienten an der oberen Extremität Materialentfernungen durchgeführt.
Zwar wurden an der selben Klinik im Zeitraum mehr Osteosynthesen an der oberen Extremität vorgenommen als Implantate entfernt, doch wurden Entfernungen - als relativ leichtem Eingriff - häufig an anderen Kliniken vorgenommen und konnten so nicht erfaßt werden. In anderen Kliniken durchgeführte Osteosynthesen, welche man an der Münchner Chirurgischen Universitätsklinik entfernte, wurden erfaßt.

In dieser Arbeit soll die Liegedauer der Implantate entsprechend ihrer anatomischen Lokalisation gezeigt werden. Weiterhin wird die Liegedauer entsprechend der Art der Versorgung und die Entwicklung der Liegedauer entsprechend der Topographie in den einzelnen Jahren von 1960-1970 betrachtet.
Daneben wird die Dauer des Krankenhausaufenthaltes nach Entfernung und die Dauer der Arbeitsunfähigkeit untersucht. Komplikationen werden ihrer Häufigkeit, Lokalisation, Versorgungsart und der Materialliegedauer nach untersucht.

II! STATISTIK

1. Allgemeine Statistik

Tabelle 1:

Unfälle nach Art, Zahl und Jahr aufgeschlüsselt.

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	
Arbeitsunfall	3	1	2				2	4	5	5	4	26
Wegeunfall	2	1	2		1	2	1	1	1	2	5	18
Priv. Wege		1	1	1	2	2		6	4	3	4	23
Häusl. Unfall	1		3	5		1	2	3		1	1	17
Verkehrsunfall	4	2	1	3	4	7	1	8	8	9	6	53
Sportunfall	1	1		1		3		1	2	1	1	11
Skiunfall	2								1			3
Schlägerei	1							1				2
Verschiedene		1	2	1		1	2	1	2	3	8	21
Summe	14	6	11	11	7	16	8	25	23	24	29	174

zu Tabelle I:

Die meisten Unfälle welche zur Osteosynthese führten waren Verkehrsunfälle; nämlich 53 von 174.

26 waren Arbeitsunfälle und 23 private Wegeunfälle. Am wenigsten zahlreich waren Osteosynthesen zur Heilung der Folgen tätlicher Auseinandersetzungen.

Aus der folgenden Tabelle ergibt sich die Liegedauer des Implantates vor dem jeweiligen Jahr der Entfernung von drei zu drei Monaten.

Tabelle II: Implantatliegedauer in den Jahren 1960-1970

	1960							1961							1962							1963							1964						
	-3	6	9	12	15	18	>18	3	6	9	12	15	18	>18	3	6	9	12	15	18	>18	3	6	9	12	15	18	>18	3	6	9	12	15	18	>18
Clavic.	2	5	1					1												1															
OA-Ko.			1				1									1									1					1					
Hum.Sch.										1				1		1	2						2	3	1				1	2	2				
Olecranon			1												2		1						1												
Uln. Sch.													1				1										1								
Rad. Sch.																																			
Kompl. Ua.																																			
Navic.																	1																		
Metacar.		1						1							2																1				
Finger		1						1														3													

	1965							1966							1967							1968							1969						
Clavic.	1	4		1										1	1			1				3	2						1	2	1	1	1			
OA-Ko.								1		1																	1				1					
Hum-Sch.	2	1			1		1								1								1						1	3	1		1		
Olecranon	1		1	1											1	3	2	1				1	4	3		1			2				2		
Uln. Sch.		1		1						1		1	2		2															1			1		
Rad. Sch.																1	1					1					1							1	
Kompl. Ua.															1		1	1							1				1						
Navic.																							1						1						
Metacar.																							1	2											
Finger									1													1	1							1				1	

Fortsetzung zu Tabelle II:

1970							
Monate	3	6	9	12	15	18	>18
Clavic.	1	1	1	2			
OA-K.					1	1	1
Hum.-Sch.				2		1	2
Olecra.		1	2				
Uln.-Sch.				1			
Rad.Sch.							
Kompl. Ua.		2	1				
Navic.		1		2	3		2
Metacar.							
Finger							

Aus der nächsten Tabelle ist ersichtlich, wieviele Implantate an der entsprechenden Lokalisation in den Jahren von 1960 - 1970 entfernt worden sind.

Tabelle III: Patientenzahl entsprechend Implantatlokalität von 1960 - 1970

	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	SUMME
Clavic.	8	1	1		1	6	1	2	5	8	5	38
OA-Ko.	2		1	1	2		2		1	1	3	13
Hum.Sch.		2	2	6	3	5		3		6	5	32
Olecra.	1		3			3		10	8	4	6	35
Uln. Sch.		1	1	1		2	4	3		2	1	15
Rad. Sch.								1	2	2	3	8
Kompl. Ua.								7	1	1	7	16
Navic.			1						1			2
Metacar.	2	1	2		1				3	2		11
Finger	2	1		3			1		2		1	10
Summe	15	6	11	11	7	16	8	25	23	24	29	180

Verletzungen

An 174 Patienten sind insgesamt 180 Versorgungen durchgeführt worden, wobei die Versorgung der Clavicula mit 38 Implantierungen am häufigsten war, gefolgt von der Olecranon - mit 35 - und der Humerusschaftversorgung mit 32 Implantierungen.

An wenigsten wurde das os naviculare versorgt. (2 x)

Die anschließende Tabelle zeigt die Dauer des Krankenhausaufenthaltes nach Implantatentfernung in den Jahren 1960 - 1970.

Tabelle IV: Dauer des Krankenhausaufenthaltes nach Implantatentfernung - in Tagen.

	1960					1961					1962					1963					1964					1965				
Tage	0	4	8	12	12	0	4	8	12	12	0	4	8	12	12	0	4	8	12	12	0	4	8	12	12	0	4	8	12	12
Pat.-Zahl	6	7	1			4		2			1	6	1	2	1	3	2	5	1		4	2	1			2	6	6	1	1

	1966					1967				1968					1969				1970					GESAMT				
	1	1	4	1	1	9	10	2	3	6	12	3	2	1	8	11	1	3	1	7	11	6	4	6	58	66	25	16

Es zeigt sich, daß die Zeitdauer des Krankenhausaufenthaltes bei den meisten Patienten um eine Woche betrug.

Aus Tabelle V ergibt sich die Arbeitsunfähigkeit nach der Implantatentfernung - in Wochen.

Tabelle V: Arbeitsunfähigkeit nach Implantatentfernung

ARBEITSUNFÄHIGK.	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	SUMME
1 Woche	1				1			1	1	1	1	6
2 Wochen	4		1	3		6	5	6	6	3	2	36
3 Wochen		1	1		5	1		2		2		8
4 Wochen						2	1	1		2	3	9
ohne Angaben	9	5	9	8	5	7	2	15	16	16	23	115

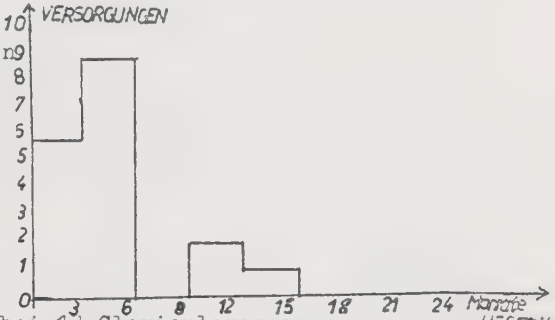
174

Zur Tabelle V:

Es zeigt sich, daß die meisten Patienten nach Implantatentfernung zwei Wochen krankgeschrieben waren.
Darüber hinaus verteilten sich die restlichen Krankschreibungen auf unter, bezw. über zwei Wochen, wobei der Schwerpunkt bei über zwei Wochen lag.
Bei 115 Patienten fehlten die Angaben.

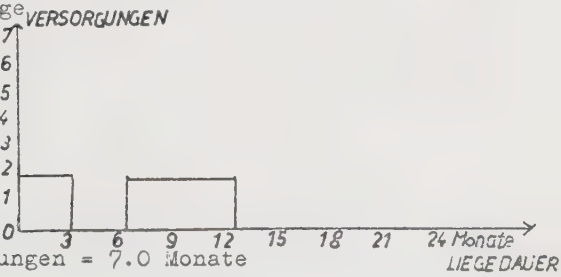
Aus den nächsten Übersichten ergeben sich die Implantatliegedauern in den einzelnen Bereichen. Die Zeitmittelwerte wurden als arithmetisches Mittel berechnet.

Tabelle VI: Versorgung der Clavicula mit Rushpin



Die mittlere Liegedauer bei 18 Claviculaversorgungen mit Rushpin lag bei 5.0 Monate.

Tabelle VII: Versorgung der Clavicula mit Cerclage



Mittelwert aus 6 Versorgungen = 7.0 Monate

Tabelle VIII:
Versorgung der Clavicula
mit Platte

Mittelwert aus 7 Versorgungen = 7.4 Monate

An der Clavicula waren also die Implantatliegezeiten kürzer, nämlich bei Rushpin 5.0 Monate
bei Cerclage 7.0 Monate
bei Platte 7.4 Monate

Bei Versorgung des Oberarmkopfes mit Schraube, Nagel und Platte ergaben sich die aus der Tabelle zu entnehmenden Implantatliegezeiten, dabei lag die Platte durchschnittlich am längsten.

Tabelle IX:

Implantat-Liegedauer am OA-Kopf in Monaten

	Fallzahl	Mittelw.Liegez.(Mon)
Schraube	4	11
Nagel	3	12
Platte	3	13

Bei Versorgung des Humerusschaftes mit Rushpin, Cerclage, Nagel, Platte und Schraube ergaben sich die aus der nächsten Tabelle zu entnehmenden Implantatliegezeiten. An der Spitze lag der Nagel mit durchschnittlich 14.6 Monaten; am längsten lag die Platte mit durchschnittlich 12.6 Monaten

Tabelle X:
Implantatliegedauer am Humerusschaft in Monaten

	Fallzahl	Mittelw.-Lieged.
Rushpin	12	12.2 Monate
Cerclage	6	12.0 Monate
Nagel	5	14.6 Monate
Platte	4	12.6 Monate
Schraube	3	4.7 Monate

Bei Versorgung des Olecranons mit Zuggurtung, Schraube, Cerclage und Nagel ergaben sich die aus der nächsten Tabelle zu entnehmenden Implantatliegezeiten.

Tabelle XI:
Implantatliegedauer am Olecranon in Monaten

	Fallzahl	Mittelw.-Lieged.
Zuggurtung	17	8.6 Monate
Schraube	9	8.3 Monate
Cerclage	8	5.5 Monate
Nagel	2	5.1 Monate

Bei Versorgung des Ulnaschaftes mit Rushpin, Platte und Cerclage ergaben sich folgend, aus der Tabelle ersichtlichen Liegezeiten der Implantate.

Tabelle XII:
Implantatliegedauer am Ulnaschaft in Monaten

	Fallzahl	Mittelw.-Lieged.
Rushpin	4	13.2 Monate
Platte	3	12.0 Monate
Cerclage	3	11.0 Monate

Am Radiusschaft lagen im Mittelwert aus drei Versorgungen die Platte 9.5 Monate und die Cerclage aus 6 Versorgungen 6.4 Monate.

An den Fingerknochen lag der Mittelwert aus 5 Versorgungen mit Cerclage bei 3.1 Monaten, mit Schraube aus 3 Versorgungen bei 3.0 Monaten und mit Platte aus 2 Versorgungen bei 7.0 Monate.

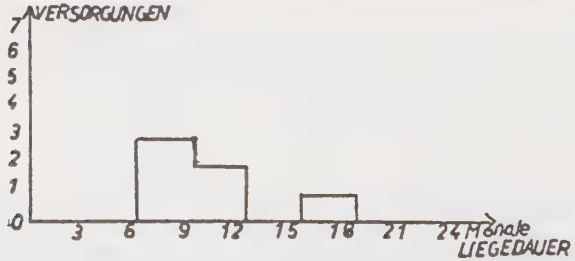
Das os naviculare war im Mittelwert aus 5 Versorgungen mit Navicularesschraube über 8.4 Monate mit Implantat versorgt.

Die Metacarpalknochen waren mit Rushpin aus 2 Versorgungen über 10.5 Monate, mit Cerclage aus 3 Versorgungen über 2.7 Monate und mit Schraube aus 3 Versorgungen über 5.5 Monate versorgt.

Am gesamten Oberarm ergaben sich die aus dem Diagramm folgenden durchschnittlichen Implantatliegedauern bei Versorgung mit Nagel, Cerclage, Schraube, Rushpin und Platte.

Tabelle XIII:

Versorgung des gesamten Oberarmes mit Nagel



Mittelwert von 7 Versorgungen = 12.6 Monate

Tabelle XIV:
Versorgung des gesamten Oberarmes mit Rushpin

Mittelw. von 13 Versorgungen = 11.6 Monate

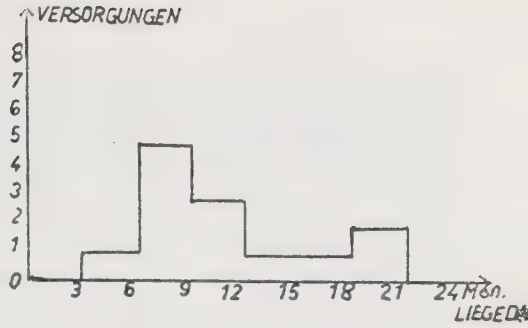


Tabelle XV:
Versorgung des gesamten Oberarmes mit Platte

Mittelw. von 7 Versorgungen = 13.0 Monate

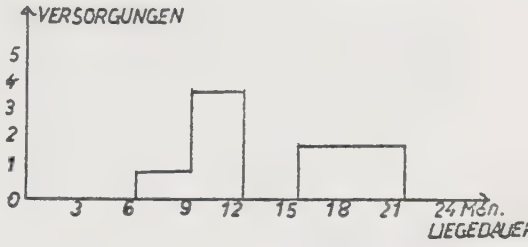


Tabelle XVI:
Versorgung des gesamten Oberarmes mit Schraube

Mittelw. von 7 Versorgungen = 8.3 Monate

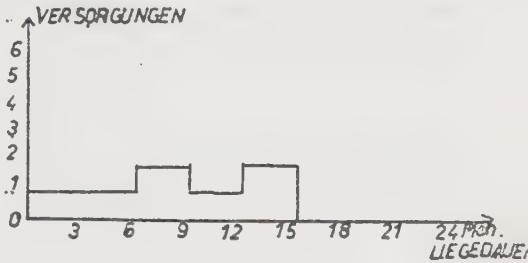
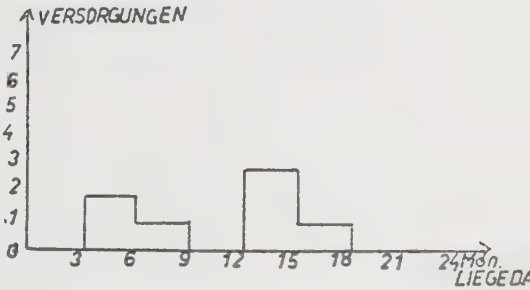


Tabelle XVII:
Versorgung des gesamten Oberarmes mit Cerclage

Mittelw. von 7 Versorgungen = 10.3 Monate



Am gesamten Unterarm ergaben sich die aus dem Diagramm ersichtlichen durchschnittlichen Implantatliegezeiten bei Versorgung mit Cerclage und Platte.

Tabelle XVIII:

Versorgung des gesamten Unterarmes mit Platte

Mittelw. von 15 Versorgungen = 10.4 Monate

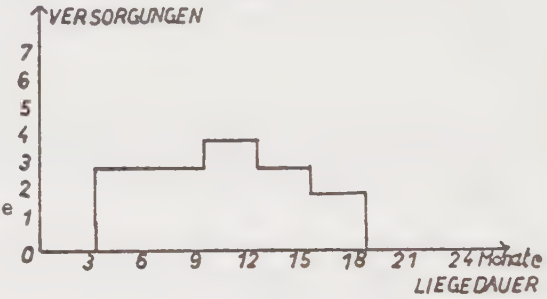
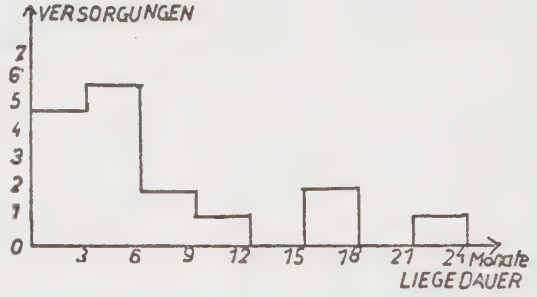


Tabelle IXX:

Versorgung des gesamten Unterarmes mit Cerclage

Mittelw. von 16 Versorgungen = 6.1Monate.



An der gesamten Hand ergaben sich die aus der nachfolgenden Übersicht zu ersehenden Implantatliegedauern bei Versorgung mit Cerclage und Schraube.

Tabelle XX:
Gesamt
Versorgung der Hand
mit Cerclage

Mittelw. aus 8 Versorgungen = 3 Monate

Tabelle XXI:
Versorgung der Hand
mit Schraube

Mittelw. aus 11 Versorgungen = 6.1 Monate

Mittelw. Rushpin - Hand 2 Versorgungen = 10.5 Monate
Mittelw. Platte - Hand 2 Versorgungen = 7.0 Monate

2. Statistik der irregulären Entfernungen

a) Die weitaus meisten Frühentfernungen resultieren aus Pseudarthrosen, die 17 x die Ursache waren. Außerdem gab es 1 x eine Infektpseudarthrose.

Im einzelnen waren es:

An der Clavicula 3 Pseudarthrosen

versorgt mit 5-Loch Druckplatte Material irreg. entf. n. 2.5 Mon.
" " Rushpin, gebrochen " " " 33 Mon.
" " Rushpin " " " 3 Mon.

---

3 Humerusschaftpseudarthrosen

1 versorgt mit Spongiosaschraube u. Cerclage - Material irreg. entf. nach 5 Monaten

1 versorgt mit Küntschernagel - Material irreg. entf. nach 11 Monaten

Eine Osteomyelitis führte am Humerusschaft nach Versorgung mit Platte zur Infektpseudarthrose mit irreg. Materialentfernung nach 4 Monaten.

---

2 Pseudarthrosen am Olecranon

1 versorgt mit Spongiosaschraube und Zuggurtung - Material irreg. entf. nach 5 3/4 Monaten

1 versorgt mit Spongiosaschraube u. Zuggurtung - Material irreg. entf. nach 18 Monaten

---

5 Pseudarthrosen nach kompletter Unterarmfrakturversorgung

1 Pseudarthrose ist mit Radius Materialentf. irreg. (Druckplatte) nach 9 Monaten
sowie ist mit Ulna Materialentf. irreg. (Druckplatte) nach 11 Monaten

1 Unterarm versorgt mit Küntschernagel und Rushpin - Material irreg. entf. nach 5 Monaten

1 Unterarm hier Radius mit Halbrohrplatte und Ulna mit Druckplatte versorgt. Pseudarthr. Ulna irreg. Materialentfernung nach 6 Monaten
Nach Refraktur-Radius Materialentf. n. 9.5 Mon.
1 Versorgung mit Halbrohrplatten irreg. Materialentfernung nach 26 Monaten
1 Versorgung mit Druckplatte irreg. Materialentfernung nach 14 Monaten.

Ulnaschaftpseudarthrosen bei isolierter Ulnafraktur versorgt mit Rushpin, irreg. Materialentfernung nach 18.5 Monaten

---

2 Metacarpalpseudarthrosen
1 nach Rushpinung irreg. Entfernung nach 18 Monaten
1 nach Cerclage mit Kirschnerdraht irreg. Entfernung nach 3.5 Monaten

---

1 Fingerpseudarthrose nach Cerclage mit irreg. Materialentfernung nach 4.5 Monaten

b) Weiterhin gab es 4 Pharesen

2 am Humerusschaft, einmal nach Versorgung mit 5-Loch-Druckplatte Radialisphares, das Material wurde nach 8.5 Monaten irregulär entfernt.
1 Ulnarispharese nach Rushpinung, Materialentfernung nach 7 Monaten
1 Radialispharese nach Radiusschaftversorgung mit einer 5-Loch-Druckplatte. Materialentfernung nach 16 Monaten.
1 Ulnarispharese nach Zuggurtung am Olecranon, Materialentfernung nach 4.5 Monaten.

c) 4 mal wegen Schmerzen frühentfernt

1 mal nach Zuggurtung und Spongiosaschraube am Olecranon. Entfernung nach 16 Monaten
1 mal nach Rushpinung des gesamten Unterarmes. Materialentfernung nach 72 Monaten
1 mal nach Verschraubung des Oberarm-Kopfes. Irreg. Materialentfernung nach 7 1/3 Jahren (Patient 90 J. alt).
1 mal Oberarm-Kopf versorgt mit T-Platte, Frühentfernung nach 3 Monaten

d) 4 Materiallockerungen

am Ulnaschaft nach Versorgung mit 5-Loch-Platte nach Schraubenlockerung, irreguläre Materialentfernung nach 6 Monaten.
am Olecranon Schraubenlockerung, irreguläre Entfernung nach 1 Monat
am Humerusschaft Schraubenlockerung, irreguläre Entfernung nach 1.5 Monaten
am Clavicula nach Rushpinung, irreguläre Entfernung nach 1 Monat.

e) 2 Durchspießungen

am Olecranon nach Cerclage Hautdurchspießung durch Kirschnerdraht, irreguläre Entfernung nach 3 Mon.
am Metacarpeale Drahtdurchspießung, irreguläre Entfernung nach 1 Monat.

f) 2 oberflächliche Entzündungen

an Clavicula nach Cerclage irreguläre Entf. nach 13 Jahren
an Clavicula nach Cerclage irreguläre Entf. nach 17 Monaten

g) 2 Instabilitäten

am Radiusschaft nach Versorgung mit 4-Loch-Halbrohrdruckplatte. Irregul. Entfernung nach 3.5 Monaten.
Instabilität an Ulna nach komplett. Unterarmversorgung mit Druckplatte. Irreg. Entfernung nach 1.5 Monaten.

h) 1 Implantatbruch mit Pseudarthrose

Nach clav. Versorgung mit Rushpin Bruch, irreg. Entfernung nach 33 Monaten

i) 1 Refraktur am Radius

Nach kompletter Unterarmversorgung mit 1/2 Rohrdruckplatte. Ulna Pseudarthrose irreg. Entfernung nach 6 Monaten.
Radiusrefraktur nach 9 Monaten.

j) 1 Infektpseudarthrose - Osteomyelitis

am Humerusschaft nach Plattenversorgung, irreg. Entfernung nach 4 Monaten
1 Wundheilungsstörung nach Humerusschaftversorgung mit Schraube - Frühentfernung nach 1 Monat

---

Von 174 Patienten mit 180 Versorgungen gab es also bei 34 Versorgungen Komplikationen welche zu irregulären Früh- oder Spätentfernungen führten.
Bei 10 Osteomyelitiden, 1 Refraktur und 1 Implantatbruch lag jeweils eine Pseudarthrose vor.

Im einzelnen gab es folgende Komplikationen, die irreguläre Entfernungen erforderten:
14 Pseudarthrosen, 4 Pharesen, 4 Schmerzfälle, 4 Materiallockerungen, 2 Instabilitäten, 2 oberflächliche Entzündungen, 2 Perforationen, 1 gestörte Wundheilung, 1 Osteomyelitis, 1 Refraktur und 1 Implantatbruch mit jeweils damit verbundener Pseudarthrose.

Dabei war die Clavicula 9 x betroffen

Humerusschaft	10 x
Oberarmkopf	2 x
Olecranon	6 x
kompl. Ulna	5 x
Radius	2 x
Ulna	2 x
Metacarpalknochen	3 x

III. DISKUSSION

Die Osteosynthese zwingt zu einer Zweitoperation, der Materialentfernung nach Frakturheilung oder zur Frühentfernung nach dem Auftreten von Komplikationen.
In Sonderfällen, bei hohem Alter oder nach Frakturen, bei Malignomen ist das Material zu belassen.

Bei zu langer Liegedauer ist mit Metallose, Sekundärfrakturgefahr, Schmerzen und Infektion zu rechnen.
Als Hauptvoraussetzung ist die vollständige Frakturheilung zu fordern, die von individuellen Faktoren wie Alter, Verletzungsausmaß, Frakturart abhängt.
Die Fraktur muß fest, ausreichend tragfähig und knöchern durchbaut sein. (Kuner u. Weller)
Grundsätzlich gilt, daß eher zu spät als zu früh zu entfernen ist. (Friedrich u. Zwirner, Schweikert)
Früher neigte man dazu, Implantate eher - unter 12 Monaten zu entfernen. Heute liegen die Entfernungszeiten zwischen 12 und 24 Monaten, wobei an der hiesigen Klinik die Implantate der oberen Extremität nach etwa 12 Monaten entfernt werden.
Bei weniger belasteten Knochen wie der Clavicula sind auch heute noch die Liegedauern weit unter einem Jahr, bei Cerclage hier 7 Monate, Rushpin 5 Monate, Platte 7 Monate.
Am Oberarm liegen die Entnahmezeiten um 12 Monate, beim Nagel 12.6 Monate, Rushpin 11.6 Monate, Platte 13 Monate, Cerclage 10.3 Monate.
Am Unterarm wird etwas eher - Platte 10.4 Monate, Cerclage 6.1 Monte - entfernt.
An der Hand liegen die Zeiten bei Cerclage bei 3.0 Monate, Schrauben 6.1 Monate.
Die einfache, aber oft instabile Cerclageversorgung läßt sich früher entnehmen.

Nägel können eher entfernt werden als Platten.
Küntscher beläßt seine Nägel zeitlebens, doch sollte hier an Metallose und unphysiologische Spannungen gedacht werden.
Implantate im corticalen Bereich sollte man 1 1/2 - 2 Jahre belassen. (Rehn u. Hierholzer, Schweizer AO).
Schon nach 2 Jahren muß aber mit Auftreten von Metallose gerechnet werden, vor allem wenn die Materialeinbringung nicht sorgfältig (Implantatoberflächen-Beschädigung, falsches Werkzeug) durchgeführt wurde oder wenig korrosionsbeständiges Material zum Einsatz kam.

Implantate im spongiösen Bereich kann man eher entnehmen. Friedrich und Zwirner raten dazu nach 1 Jahr.
Doch dabei ist besonders auf Belastungsstabilität zu achten.
Doppelplatten müssen im zeitlichen Abstand entfernt werden, wobei übereinstimmend 1/4 Jahr angegeben wird.
(Friedrichu. Zwirner, Reh, Hierholzer)

Drahtcerclagen sollten nach 8-10 Wochen wegen der Gefahr der Periostabschnürung entnommen werden.
(Rehn, Hierholzer, Kuner, Weller)
Diese Angabe ist etwas zu streng, denn unter Berücksichtigung der hiesigen Erfahrungen kann man ohne Gefahr 20 - 30 Wochen Liegezeit zugestehen.

Für die Zeitbestimmung der Entfernung gelten die klinischen und röntgenologischen Ergebnisse; bei letzteren eventuell mit Schichtaufnahmen.
Die Szintigraphie hat sich noch nicht allgemein durchgesetzt, könnte aber eine gute Hilfe sein, da bei einer stabilen Osteosynthese mit knöcherner Primärheilung die Frakturkonsolidierung röntgenologisch oft schwer zu beurteilen ist. Weiterhin ist die Erfahrung des behandelnden Arztes bei der Festsetzung des Entfernungszeitpunktes sehr wichtig.

Bei Komplikationen muß pragmatisch vorgegangen werden.
Bei Osteomyelitiden bleibt das Implantat liegen solange

die Fraktur stabilisiert ist. Hier stimmen Willenegger, Debrunner, Cech, Kuner u. Weller, Küntscher, Weber, Schramm, Rehn u. Hierholzer, Schauwecker u. Weller, Friedrich u. Zwirner, Schlachetzki überein.

Die Implantatentnahme bei erhaltener Stabilität führt meistens zur Pseudarthrose ohne den Infekt einzudämmen.
Küntscher sieht die Nagelfrühentfernung bei Osteomyelitis gar als Kunstfehler an.
Bei Materiallockerung und Instabilität sollte man, wenn eine Gipsruhigstellung bei leichteren Lockerungen keine Abhilfe verspricht, das Material entfernen und eine stabile Osteosynthese vornehmen. Doch ist hier die Indikation zur ausschließlichen Gipsstabilisierung streng zu stellen.
Auch bei Pseudarthrosen ist eine sofortige Entnahme mit anschließender Druck-Osteosynthese angezeigt.
In leichteren Fällen mag auch hier ein Gipsverband genügen. Gleichzeitig müssen die Pseudarthroseursachen wie Infektion, Sperrung usw. behandelt werden.
Eine Spongiosaplastik ist oft zusätzlich angezeigt.
Bei Materialbrüchen wird sofort entfernt.

Grundsätzlich ist zu sagen, daß die beste Voraussetzung für die Frakturheilung eine stabile Osteosynthese, am besten auf den Grundlagen der Schweizer AO, darstellt. Hier wird dann unter eingehender Kontrolle der Frakturheilung im Zeitraum von 1-2 Jahren nach klinischen und röntgenologischen Gesichtspunkten, verbunden mit der Erfahrung des Behandlers das Material entfernt.
Der durchschnittliche Krankenhausaufenthalt bei der Materialentfernung beträgt 1 Woche, die durchschnittliche Dauer der Arbeitsunfähigkeit danach 2 Wochen.
Bei körperlich schwerer Beanspruchung ist allerdings eine längere Arbeitsenthaltung angezeigt.

IV. ZUSAMMENFASSUNG

An der Chirurgischen Universitätsklinik München wurden im Zeitraum von 1960-1970 an 174 Patienten Materialentfernungen nach Osteosynthese an der oberen Extremität vorgenommen.
Im allgemeinen Teil werden konservative und operative Versorgung, Voraussetzungen, Indikation, Mittel und Durchführung dargelegt.
Weiterhin werden die Gründe welche zur Materialentfernung zwingen und die Festlegung des Entfernungszeitpunktes, sowie die Entfernung bei Komplikationen betrachtet.
Im speziellen Teil werden bei 180 Entfernungen an 174 Patienten aus den Krankengeschichten die Implantatliegezeiten, anatomische Lokalisation und Versorgungsart untersucht. Weiterhin werden Dauer des Krankenhausaufenthaltes, der Arbeitsunfähigkeit, sowie die Entfernung bei Komplikationen dargelegt.
Es konnte gezeigt werden, daß die Entfernungszeiten am Arm zwischen 1 und 1 1/2 Jahren liegen und daß bei Komplikationen sofort entfernt wird.

LITERATURVERZEICHNIS

1. Allgöwer, M., Müller, M.E., Schenk, R., Willenegger, H. Biomechanische Prinzipien bei der Metallverwendung am Knochen. Langenbecks Arch.klin.Chir.305(1964) 1-14
2. Allgöwer, M. Osteosynthese und primäre Knochenheilung. Langenbecks Arch.klin.Chir.308(1964) 423-434
3. Allgöwer, M. Funktionelle Anpassung des Knochens auf physiologische und unphysiologische Beanspruchung. Langenbecks Arch.klin.Chir.319(1967) 383-391
4. Allgöwer, M. Das Weichteilproblem. Vortrag zur 88. Tagg. der Dt. Gesell. F. Chirurgie. München 1970
5. Bandi, W. Die gelenknahen Frakturen des Oberarms. Chirurg 5(1969)196-197
6. Baumann, E. Zur Behandlung der Knochenbrüche am Ellbogengelenk. Langenbecks Arch.klin.Chir.295(1960)300-304
7. Böhler, J. Unzweckmäßige Methoden bei der Behandlung von Frakturen. Langenbecks Arch.klin.Chir.295(1960)281
8. Böhler, J. Gelenknahe Frakturen des Unterarms. Chirurg 5 (1969)198-203
9. Briskin, B.S. Bruch von Metallschienen nach der Osteosynthese und taktisches Vorgehen bei diesbezüglichen Komplikationen. Zbl. Chir. 89(1964)862
10. Brussatis, F. Müller, M.E. Metallbeschaffenheit und Korrosionserscheinungen an Platten und Schrauben. Langenbecks Arch.klin.Chir.305(1964)17
11. Brussatis, F. Nonhoff, J. Metallkundliche Untersuchungen der bei Osteosyntheseoperationen verwendeten Implantate. Arch. Orthop. Unfall-Chir.62(1967)64-68

12. Debrunner, A. Cech, O. Die Behandlung der infizierten Osteosynthesen u. Pseudarthrosen mit Hilfe der externen Fixation. aus: G. Hierholzer, J. Rehn - Die posttraumatische Osteomyelitis. Schattauer Verlag Stuttgart New York (1970)

13. Dürr, W. Pseudarthrosenentstehung infolge unzureichender Osteosynthesen. Chirurg 39 (1968)192-193

14. Elmendorff, v. Simmert, H. Hupfauer, W. Über Brüche von metallischen Implantaten. Arch. Orthop. Unfall-Chir. 67 (1969)141-154

15. Everke, H. Kinj, K. Ergebnisse der konservativen und operativen Behandlung d. Claviculafrakturen. Chirurg 40(1969)129-132

16. Frank, E. Metallurgische Probleme der Osteosynthese. H. Unfallheilk. 97(1968)49-52

17. Friedrich, B. Zwirner, R. Indikationsfehler bei der Metallentfernung nach Osteosynthese. Langenbecks Arch.klin.Chir.327(1970) 829-832

18. Hackethal, K.H. Die Bündelnagelung. Springer Verlag Berlin Göttingen Heidelberg (1966)

19. Heim, U. Die Technik der operativen Behandlung der Metakarpalfrakturen. Chir. Helv. Acta 36(1969)619-624

20. Hellner, H. Nissen, R. Vosschulte, K. Lehrbuch der Chirurgie. Thieme Verlag Stuttgart (1967)

21. Hermann, P. Über die Behandlung von Brüchen des distalen Speichenendes. Mschr. Unfallheilk.73(1970)321

22. Hierholzer, G. Zeitpunkt der Entfernung von Osteosynthesematerial. Chirurg 42(1971)258

23. Hierholzer, G. Pathogenese und Grundlagen der Behandlung bakterieller Infektionen nach Osteosynthesen.
H. Unfallheilk. 1o2(197o)36

24. Iselin, M.
Afanassieff, A.
Egawa, T. Elektrophoretische Untersuchungen über die Reaktion des Knochens auf osteosynthetischem Material.
Langenbecks Arch.klin.Chir.3o5(1963-64) 44

25. Knoch, G.G. Gewebsreaktionen nach Osteosynthese.
Zbl. Chir. 91(1966)127o-1275

26. Küntscher, G. Praxis der Marknagelung
Schattauer Verlag Stuttgart 1962

27. Küntscher, G.
Maatz, R. Technik der Marknagelung.
Thieme Verlag Leipzig (1945)

28. Küntscher, G. Primäre Knochenheilung.
Langenbecks Arch.klin.Chir.3o8(1964)455

29. Küntscher, G. Weitere Fortschritte auf dem Gebiet der Marknagelung.
Langenbecks Arch.klin.Chir.316(1966)224

30. Küntscher, G. Das Kallusproblem.
Enke Verlag Stuttgart (197o)

31. Kuner, E.
Weller, S. Zur Nachbehandlung der Osteosynthese.
Dtsch. med. Wschr. 93(1968)1o8-112

32. Kuner, E.
Weller, S. Zur Frage der Metallentfernung nach Osteosynthesen.
Dtsch. med. Wschr. 93(1968)1o8-112

33. Lange, M. Die Gefahren und Fehler der Osteosymthese.
Verb. dtsch. Gesell. f. Orthop. 43 (1959)451

34. Leitz, G. Die Therapie der Ellen- und Speichenschaftbrüche.
Langenbecks Arch.klin.Chir. 312(1965) 61-87

35. Leitz, G. Typische Komplikationen nach Osteosynthesen und ihre mechanischen Ursachen.
Arch. Orthop. Unfall-Chir.59(1966)328-357

36. Luther, R.
Weseloh, G.
Zur Versorgung von Frakturen im Handskelettsystem.
Chirurg 5(1970)222-224

37. Müller, M.E.
Allgöwer, M.
Willenegger,H.
Technik der operativen Frakturenbehandlung.
Springer Verlag Berlin, Göttingen, Heidelberg (1963)

38. Müller, M.E.
Allgöwer, M.
Willenegger,H.
Manual der Osteosynthese - AO Technik.
Springer Verlag Berlin Heidelberg New York (1969)

39. Pannike, A.
Gefahren der Osteosynthese.
Med. Welt 41(1971)1620 Kongressbericht

40. Popkirov, St.
Chirurgisches Vorgehen bei der Behandlung bakterieller Infektionen nach Osteosynthese.
H. Unfallheilk. 102(1970)36

41. Rehm, J.
Zur operativen Behandlung der Knochenbrüche nach den Richtlinien der Schweizerischen Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese.
H. Unfallheilk. 81(1965)101

42. Rehm J.
Hierholzer,G.
Zeitpunkt der Entfernung des Osteosynthesematerials.
Chirurg 42(1971)257-260

43. Reifferscheid, M: Chirurgie. Ein kurzgefaßtes Lehrbuch.
Thieme Verlag Stuttgart (1970)

44. Rueff, F.
Bedacht, R.
Zur Behandlung von Frakturen der Extremitäten.
Med. Klin. 63 (1968)1862

45. Rueff, F.
Pelzl, H.
Zur Behandlung der Oberarmschaftbrüche.
Chirurg 1(1967)17-19

46. Rush, L. v.
Gelbke, H.
Atlas der intramedullären Frakturfixation. - nach Rush. Ein Behandlungssystem.
Berth Verlag München (1957)

47. Schauwecker,F:
Weller, S.
Ursachen der knöchernen Infektion nach Osteosynthesen. aus: Hierholzer, G., J. Rehm: Die postraumatische Osteomyelitis.
Schattauer Verlag Stuttgart New York (1970)

48. Schenk, R. Zur Histologie der prim. Knochenheilung.
Willenegger, H: Langenbecks Arch.klin.Chir.3o8(1964)441

49. Schlachetzki,J: Entfernung des Osteosynthesematerials bei Infektionen einer Fraktur. aus: Hierholzer, G., J. Rehn: Die posttraum. Osteomyelitis.
Schattauer Verlag Stuttgart New York(197o)

50. Schmid, J.P. Fehlergebnisse nach Osteosynthesen an der oberen Extremität.
Med. Diss. München 1971

51. Schnabelmaier,H: Korrosion und Metallose bei der Bündel-
Blüml, J. nagelung.
Langenbecks Arch.klin.Chir.31o(1965)18

52. Schramm, W. Über die Nachbehandlung operierter Knochenbrüche.
Mschr. Unfallheilk. 68 (1965)4o7-411

53. Schulz, H. Beitrag zur Osteosynthese der Clavicula-fraktur mittels Kirschnerdraht.
Chirurg 7(1966)294-297

54. Schweikert,C.H: Kongressbericht.
Med. Welt 22(1971)162o

55. Seiffert, K.E. Die Behandlung der Finger- und Mittel-handfrakturen.
Langenbecks Arch.klin.Chir.295(196o) 3o5-3o8

56. Straumann, F. Neuere experimentelle und klinische
Steinemann,S. Ergebnisse über die Metallose.
Pohler, O. Langenbecks Arch.klin.Chir.3o5(1963-64)
Willenegger,H. 21-27
Schenk, R.

57. Szyszkowitz, R: Die Zuggurtungsosteosynthese bei
Tscherne, H. Olecranonfrakturen.
Mschr. Unfallheilk. 71(1968)49o-493

58. Tscherne, H. Operative Frakturbehandlung.
Langenbecks. Arch.klin.Chir.324(1969) 352-384

59. Tscherne, H. Operative Knochenbruchbehandlung. Vortrag zur 88. Tagung d. Dt. Gesell. f. Chirurgie. München 1971

60. Wagner, H. Die Einbettung v. Metallschrauben im Knochen und die Heilungsvorgänge des Knochengewebes unter dem Einfluß der stabilen Osteosynthese. Langenbecks Arch.klin.Chir.32o(1965) 212

61. Weber, B.G. Die Überwachung und Behandlung nach operativer Versorgung von Frakturen. Münchner med. Wschr. 1o8(1966)52o

62. Weller, S. Behandlungsprinzipien von Pseudarthrosen. Chirurg 1o(1967)445-448

63. Weller, S. Die Bedeutung der stabilen Osteosynthese bei der Behandlung von Pseudarthrosen. Langenbecks Arch.klin.Chir.325(1969)816

64. Wellner, H.K. Reichmann, W. Grenzen der Indikation bei Osteosynthese beim schweren Unfall. H. Unfallheilk. 87(1966)149

65. Wenzel, K.P. Behandlungsergebnisse operierter Olecranonfrakturen. Mschr. Unfallheilk. 7(1968)493-497

66. Wieser, C. Allgöwer, M. Die Beurteilung der Knochenheilung nach stabiler Osteosynthese im Röntgenbild. Radiol. clin.31(1962)297-3o3

67. Willenegger, H. Klinik und Therapie der pyogenen Knocheninfektion. Chirurg (197o)215

68. Willenegger,H. Die operative Therapie der Infektion nach Osteosynthese. H. Unfallheilk. 1o2(197041-56

69. Willenegger, H. Perren, S.M. Primäre und sekundäre Knochenbruchheilung Chirurg 6(1971)241-245

70. Witt, A.N. Zur Behandlung der subkapitalen Humerusbrüche. Langenbecks Arch.klin.Chir.295(196o)282-9

71. Wysocki, S.
Jungbluth, K.H:
Gruss, J.
Antibiotika-Prophylaxe bei offenen Frakturen. aus: Die posttraumatische Osteomyelitis. Hierholzer G. et al., Schattauer Verlag Stuttgart, New York (1970)

Ich danke Herrn Prof. Dr. F. L. Kueff für die Überlassung des Themas, Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. R. Zenker für die Arbeitsmöglichkeit in seinem Hause.
Herrn Dr. K. Wilhelm danke ich sehr herzlich für die unermüdliche Betreuung, für die Anregungen und Ratschläge bei der Durchführung und Abfassung der Arbeit.

LEBENSLAUF

Am 26. Mai 1941 wurde ich in Stuttgart als zweites Kind des Elektroingenieurs Erwin Falb und seiner Ehefrau Erna, geb. Nufer, geboren.
1947 trat ich in die Grundschule ein. Nach dem Besuch des Gymnasiums legte ich 1962 das Abitur ab.
Im April 1962 wurde ich zur Luftwaffe eingezogen, wo ich im Sanitätsdienst und als Sanitätsausbilder eingesetzt war - im Januar 1964 wurde ich zum Leutnant befördert.
Nach meiner Entlassung im März 1964, begann ich an der Technischen Hochschule Stuttgart das Studium der Volkswirtschaft.
Im Wintersemester 1964/65 nahm ich an der Ludwig-Maximilians-Universität in München das Studium der Zahnheilkunde auf.
Nach dem Sommersemester 1965 legte ich das Vorphysikum- nach dem Wintersemester 1966/67 das zahnärztliche Physikum und nach dem Wintersemester 1969/70 das zahnärztliche Staatsexamen ab.
Im August 1970 erhielt ich die zahnärztliche Approbation.
Im Sommersemester 1969 begann ich mit dem Studim der Medizin, wofür ich nach dem Sommersemester 1969 das Vorphysikum und nach dem Wintersemester 1970/71 das medizinische Physikum ablegte.
Zur Zeit befinde ich mich im 3. klin. Semester.
Seit Dezember 1971 bin ich als Assistent an der chirurgischen Abteilung der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten in München beschäftigt.